(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 589 777**

(51) Int. CI.:

H04J 11/00 (2006.01)
H04L 25/03 (2006.01)
H04B 7/04 (2006.01)
H04B 7/06 (2006.01)
H04L 25/02 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.09.2010 PCT/US2010/047732**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **10.03.2011 WO11028943**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.09.2010 E 10752256 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.07.2016 EP 2474116**

(54) Título: **SDMA flexible y supresión de interferencia**

(30) Prioridad:

02.09.2009 US 239379 P
20.08.2010 US 860102

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.11.2016

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

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

(74) Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

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

SDMA flexible y supresión de interferencia

Reivindicación de prioridad

La presente Solicitud de Patente reivindica el beneficio de la Solicitud de Patente Provisional Estadounidense con Nº de Serie 61 / 239.379, titulada “Detección de múltiples usuarios en el SDMA”, presentada el 2 de septiembre de 2009, y cedida al cesionario de la presente.

Campo técnico

Ciertos aspectos de la presente divulgación se refieren, en general, a comunicaciones inalámbricas y, más específicamente, al acceso múltiple por división espacial (SDMA) flexible y a la supresión de interferencia.

Antecedentes

A fin de abordar la cuestión de los crecientes requisitos de ancho de banda que son exigidos para sistemas de comunicaciones inalámbricas, están siendo desarrollados distintos esquemas para permitir a múltiples terminales de usuario comunicarse con un único punto de acceso, compartiendo los recursos de canal y logrando a la vez altos caudales de datos. La tecnología de Entradas Múltiples o Salidas Múltiples (MIMO) representa un enfoque de ese tipo que ha surgido recientemente como una técnica popular para los sistemas de comunicación de la próxima generación. La tecnología de MIMO ha sido adoptada en varias normas incipientes 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 a corta distancia, tales como desde decenas de metros hasta unos pocos cientos de metros.

Un sistema inalámbrico de MIMO emplea un cierto número (N_T) de antenas de transmisión y un cierto número (N_R) de antenas de recepción para la transmisión de datos. Un canal de MIMO formado por las N_T antenas de transmisión y las N_R antenas de recepción puede ser descompuesto en N_S flujos espaciales, donde, para todo fin práctico, $N_S <= min \{N_T, N_R\}$. Los N_S flujos espaciales pueden ser usados para transmitir N_S flujos de datos independientes para lograr un mayor caudal global.

En redes inalámbricas con un único punto de acceso y múltiples estaciones, las transmisiones simultáneas pueden tener lugar en múltiples canales hacia distintas estaciones, en ambas direcciones de enlace ascendente y de enlace descendente. Se presentan muchos retos en tales sistemas, tales como la capacidad de comunicarse con dispositivos heredados, además de dispositivos no heredados, el uso eficaz de los recursos y la interferencia.

Se reclama atención al artículo de JUNGBO SON ET AL, titulado “Diseño y verificación de un transceptor de alto caudal para LAN inalámbrica de próxima generación”, 2006 IEEE, 64ª CONFERENCIA DE TECNOLOGÍA VEHICULAR: VTC 2006-OTOÑO; 25 al 28 de SEPTIEMBRE de 2006, MONTREAL, QUEBEC, CANADÁ, PISCATAWAY, NJ: CENTRO DE OPERACIONES DEL IEEE, 1 de septiembre de 2006 (2006-09-01), páginas 1 a 5, XP031051308 DOI: DOI: 10.1109/VTCF.2006.374 ISBN: 978-1-4244-0062-1. En este artículo, se propone un esquema híbrido de ARQ basado en el entrelazado de bits de permutación de columnas de desplazamiento para sistemas de OFDM. Cuando se solicita un paquete para su retransmisión, se usa el entrelazado de bits en base a una permutación de columnas de desplazamiento, para maximizar la ganancia de diversidad de canal, lo que aumenta las prestaciones del sistema. El esquema propuesto mejora las prestaciones de retransmisión de sistemas de OFDM, maximizando la distancia entre bits de modo que se maximice la ganancia de descodificación. La maximización de la ganancia de diversidad de canal lleva al número reducido de retransmisiones, dando como resultado un menor retardo de retransmisión y un mayor caudal. Mediante simulaciones en los entornos de sistemas de la norma IEEE 802.16e, el esquema híbrido de ARQ propuesto es comparado con los otros esquemas híbridos de ARQ convencionales.

Se reclama también atención al documento US2008063120 (A1), que describe un receptor de una señal de OFDM que incluye lo siguiente: una unidad de recepción para recibir una señal de OFDM formada por una pluralidad de símbolos de OFDM, que incluyen respectivamente sub-portadoras de datos a las cuales se asignan señales de datos, y sub-portadoras piloto a las cuales se asignan señales piloto cíclicamente desplazadas, en el dominio de la frecuencia, un estimador para estimar errores de fase de las señales piloto, para generar primeros valores estimados referidos a un desplazamiento del símbolo de OFDM correspondiente a cada dos o más símbolos de OFDM en la señal de OFDM, un sumador de ponderación para realizar sumas de ponderación sobre los primeros valores estimados, para obtener un segundo valor estimado referido al desplazamiento, un compensador para compensar el desplazamiento usando el segundo valor estimado para obtener una señal de OFDM compensada, y un descodificador para descodificar la señal de OFDM compensada, para reproducir las señales de datos.

Se reclama atención adicional al artículo de PAUL T K ET AL: “La LAN inalámbrica llega a la mayoría de edad: Cómo entender la enmienda IEEE 802.11n”, REVISTA DE CIRCUITOS Y SISTEMAS DEL IEEE, CENTRO DE SERVICIOS DEL IEEE, NUEVA YORK, NY, EE UU, vol. 8, nº 1, 1 de enero de 2008 (2008-01-01), páginas 28 a 54, XP011205239 ISSN: 1531-636X.

También se reclama atención al documento WO2009027931 (A2), que se refiere a un aparato transmisor, un aparato receptor, un sistema y un procedimiento de realización de la transmisión de múltiples usuarios a una pluralidad de otros extremos de transmisión, en el que se difunde una solicitud de transmisión a dicha pluralidad de otros extremos de transmisión, y la solicitud es proporcionada con una trama de Control de Acceso al Medio, MAC, que incluye una lista de al menos dos identificaciones de extremos receptores a los que se solicita responder a la solicitud.

Finalmente, se reclama atención al documento US 20080130803 A1 que describe un aparato y un procedimiento para cancelar la interferencia en un sistema de Acceso Inalámbrico de Banda Ancha (BWA). El procedimiento incluye estimar vectores de coeficientes de canal de una pluralidad de Estaciones Móviles (MS) usando el mismo recurso: calcular una matriz de correlación restando un vector de coeficientes de canal de una MS correspondiente a un vector específico de entrada de tono, dentro del mismo recurso, y auto-correlacionando el vector restado; cancelar la interferencia desde el vector de entrada de datos o tonos y la matriz de canales, usando la matriz de correlación; y estimar un símbolo de transmisión para cada MS realizando la detección de Entradas Múltiples y Salidas Múltiples (MIMO), usando el vector de entrada de interferencia cancelada y la matriz de canales de interferencia cancelada.

Sumario

De acuerdo a la presente invención, se proporcionan un procedimiento y un aparato para comunicaciones inalámbricas, según lo enunciado en las reivindicaciones 1 y 5. Las realizaciones de la invención se reivindican en las reivindicaciones dependientes.

Ciertos aspectos de la presente divulgación proporcionan un procedimiento para comunicaciones inalámbricas. El procedimiento incluye en general la recepción de una señal mediante al menos una antena de un receptor, comprendiendo la señal una pluralidad de flujos espaciales, en donde un cierto número de flujos espaciales entre la pluralidad de flujos espaciales, concebidos para el receptor, es menor o igual que un cierto número de las antenas, y la realización, en base a uno o más campos de entrenamiento largos (LTF) de la señal recibida por cada una de las antenas, de la supresión de interferencia para eliminar la interferencia provocada por uno o más de los flujos espaciales concebidos para otros receptores, en donde los LTF son utilizados para estimar canales de los flujos espaciales concebidos para los otros receptores.

Ciertos aspectos de la presente divulgación proporcionan un aparato para comunicaciones inalámbricas. El aparato incluye en general un receptor configurado para recibir una señal mediante al menos una antena del aparato, comprendiendo la señal una pluralidad de flujos espaciales, en donde un cierto número de flujos espaciales, entre la pluralidad de flujos espaciales concebidos para el aparato, es menor o igual que un cierto número de las antenas, y un circuito configurado para realizar, en base a uno o más campos de entrenamiento largos (LTF) de la señal recibida por cada una de las antenas, la supresión de interferencia para eliminar la interferencia provocada por uno o más de los flujos espaciales concebidos para otros aparatos, en donde los LTF son utilizados para estimar canales de los flujos espaciales concebidos para los otros aparatos.

Ciertos aspectos de la presente divulgación proporcionan un aparato para comunicaciones inalámbricas. El aparato incluye generalmente medios para recibir una señal mediante al menos una antena del aparato, comprendiendo la señal una pluralidad de flujos espaciales, en donde un cierto número de flujos espaciales entre la pluralidad de flujos espaciales concebidos para el aparato es menor o igual que un cierto número de las antenas, y medios para realizar, en base a uno o más campos de entrenamiento largos (LTF) de la señal recibida por cada una de las antenas, la supresión de interferencia, para eliminar la interferencia provocada por uno o más de los flujos espaciales concebidos para otros aparatos, en donde los LTF son utilizados para estimar canales de los flujos espaciales concebidos para los otros aparatos.

Ciertos aspectos de la presente divulgación proporcionan un producto de programa informático para comunicaciones inalámbricas. El producto de programa informático incluye un medio legible por ordenador que comprende instrucciones ejecutables para recibir una señal mediante al menos una antena de un receptor, comprendiendo la señal una pluralidad de flujos espaciales, en donde un cierto número de flujos espaciales entre la pluralidad de flujos espaciales concebidos para el receptor es menor o igual que un cierto número de las antenas, y realizar, en base a uno o más campos de entrenamiento largos (LTF) de la señal recibida por cada una de las antenas, la supresión de interferencia para eliminar la interferencia provocada por uno o más de los flujos espaciales concebidos para otros receptores, en donde los LTF son utilizados para estimar canales de los flujos espaciales concebidos para los otros receptores.

Ciertos aspectos de la presente divulgación proporcionan un nodo inalámbrico. El nodo inalámbrico incluye generalmente al menos una antena, un receptor configurado para recibir una señal mediante dicha al menos una antena del nodo inalámbrico, comprendiendo la señal una pluralidad de flujos espaciales, en donde un cierto número de los flujos espaciales, entre la pluralidad de flujos espaciales concebidos para el nodo inalámbrico, es menor o igual que un cierto número de las antenas, y un circuito configurado para realizar, en base a uno o más campos de entrenamiento largos (LTF) de la señal recibida por cada una de las antenas, la supresión de interferencia para eliminar la interferencia provocada por uno o más de los flujos espaciales concebidos para otros nodos inalámbricos, en donde los LTF son utilizados para estimar canales de los flujos espaciales concebidos para los otros nodos inalámbricos.

Ciertos aspectos de la presente divulgación proporcionan un procedimiento para las comunicaciones inalámbricas. El procedimiento incluye generalmente estimar una pluralidad de canales inalámbricos entre un transmisor y al menos dos receptores, en donde una estimación de canal de al menos uno de los receptores se obtiene de forma diferente en comparación con otros receptores, y las estimaciones de canal se obtienen, bien mediante retro-alimentación explícita desde un receptor al transmisor, que comprende una información de estado de canal (CSI) o una representación comprimida de la CSI, o bien una estimación implícita de un canal desde el transmisor al receptor, usando un canal desde el receptor al transmisor, combinando las estimaciones de canal para obtener una estimación de canal combinada, calculando las ponderaciones del acceso múltiple por división espacial (SDMA) en base a la estimación de canal combinada, y enviando una pluralidad de señales a los receptores usando las ponderaciones de SDMA calculadas.

Ciertos aspectos de la presente divulgación proporcionan un aparato para comunicaciones inalámbricas. El aparato incluye generalmente un estimador configurado para estimar una pluralidad de canales inalámbricos entre el aparato y al menos otros dos aparatos, en donde una estimación de canal de al menos uno de los otros aparatos se obtiene de forma diferente en comparación con otros aparatos, y las estimaciones de canal se obtienen, bien mediante retro-alimentación explícita desde uno de los otros aparatos al aparato, que comprende una información de estado de canal (CSI) o una representación comprimida de la CSI, o bien la estimación implícita de un canal desde el aparato al otro aparato, usando un canal desde el otro aparato al aparato, un combinador configurado para combinar las estimaciones de canal para obtener una estimación de canal combinada, un circuito configurado para calcular ponderaciones del acceso múltiple por división espacial (SDMA) en base a la estimación de canal combinada, y un transmisor configurado para enviar una pluralidad de señales a los otros aparatos usando las ponderaciones de SDMA calculadas.

Ciertos aspectos de la presente divulgación proporcionan un aparato para comunicaciones inalámbricas. El aparato incluye generalmente medios para estimar una pluralidad de canales inalámbricos entre el aparato y al menos otros dos aparatos, en donde una estimación de canal de al menos uno de los otros aparatos se obtiene de forma diferente en comparación con otros aparatos, y las estimaciones de canal se obtienen, bien mediante retro-alimentación explícita desde uno de los otros aparatos al aparato, que comprende una información de estado de canal (CSI) o una representación comprimida de la CSI, o bien una estimación implícita de un canal desde el aparato al otro aparato, usando un canal desde el otro aparato al aparato, medios para combinar las estimaciones de canal para obtener una estimación de canal combinada, medios para calcular ponderaciones de acceso múltiple por división espacial (SDMA) en base a la estimación de canal combinada, y medios para transmitir una pluralidad de señales a los otros aparatos, usando las ponderaciones de SDMA calculadas.

Ciertos aspectos de la presente divulgación proporcionan un producto de programa informático para comunicaciones inalámbricas. El producto de programa informático incluye un medio legible por ordenador que comprende instrucciones ejecutables para estimar una pluralidad de canales inalámbricos entre un transmisor y al menos dos receptores, en donde una estimación de canal de al menos uno de los receptores se obtiene de forma diferente en comparación con otros receptores, y las estimaciones de canal se obtienen, bien mediante retro-alimentación explícita desde un receptor al transmisor, que comprende una información de estado de canal (CSI) o una representación comprimida de la CSI, o bien la estimación implícita de un canal desde el transmisor al receptor, usando un canal desde el receptor al transmisor; combinar las estimaciones de canales para obtener una estimación de canal combinada, calcular ponderaciones de acceso múltiple por división espacial (SDMA) en base a la estimación de canal combinada, y enviar una pluralidad de señales a los receptores usando las ponderaciones de SDMA calculadas.

Ciertos aspectos de la presente divulgación proporcionan un punto de acceso. El punto de acceso incluye generalmente al menos una antena, un estimador configurado para estimar una pluralidad de canales inalámbricos entre el punto de acceso y al menos dos nodos inalámbricos, en donde una estimación de canal de al menos uno de los nodos inalámbricos se obtiene de forma diferente en comparación con otros nodos inalámbricos, y las estimaciones de canal se obtienen, bien mediante retro-alimentación explícita desde uno de los nodos inalámbricos al punto de acceso, que comprende una información de estado de canal (CSI) o una representación comprimida de la CSI, o bien la estimación implícita de un canal desde el punto de acceso a los nodos inalámbricos, usando un canal desde el nodo inalámbrico al punto de acceso; un combinador configurado para combinar las estimaciones de canal para obtener una estimación de canal combinada, un circuito configurado para calcular ponderaciones de acceso múltiple por división espacial (SDMA), en base a la estimación de canal combinada, y un transmisor

configurado para enviar, mediante dicha al menos una antena, una pluralidad de señales a los nodos inalámbricos, usando las ponderaciones de SDMA calculadas.

Ciertos aspectos de la presente divulgación proporcionan un procedimiento para comunicaciones inalámbricas. El procedimiento incluye generalmente la generación de una señal que comprende una pluralidad de flujos espaciales concebidos para una pluralidad de receptores, incluyendo uno o más campos de entrenamiento largos (LTF) en un preámbulo de la señal, en donde un cierto número de los LTF es suficiente para entrenar todos los flujos espaciales para todos los receptores, y la transmisión del preámbulo y la señal a uno o más de los receptores.

Ciertos aspectos de la presente divulgación proporcionan un aparato para comunicaciones inalámbricas. El aparato incluye generalmente un primer circuito configurado para generar una señal que comprende una pluralidad de flujos espaciales concebidos para una pluralidad de otros aparatos, un segundo circuito configurado para incluir uno o más campos de entrenamiento largos (LTF) en un preámbulo de la señal, en donde un cierto número de los LTF es suficiente para entrenar todos los flujos espaciales para todos los otros aparatos, y un transmisor configurado para transmitir el preámbulo y la señal a uno o más de los otros aparatos.

Ciertos aspectos de la presente divulgación proporcionan un aparato para comunicaciones inalámbricas. El aparato incluye generalmente medios para generar una señal que comprende una pluralidad de flujos espaciales concebidos para una pluralidad de otros aparatos, medios para incluir uno o más campos de entrenamiento largos (LTF) en un preámbulo de la señal, en donde un cierto número de los LTF es suficiente para entrenar todos los flujos espaciales para todos los otros aparatos, y medios para transmitir el preámbulo y la señal a uno o más de los otros aparatos.

Ciertos aspectos de la presente divulgación proporcionan un producto de programa informático para comunicaciones inalámbricas. El producto de programa informático incluye un medio legible por ordenador que comprende instrucciones ejecutables para generar una señal que comprende una pluralidad de flujos espaciales concebidos para una pluralidad de receptores, que incluyen uno o más campos de entrenamiento largos (LTF) en un preámbulo de la señal, en donde un cierto número de los LTF es suficiente para entrenar todos los flujos espaciales para todos los receptores, y para transmitir el preámbulo y la señal a uno o más de los receptores.

Ciertos aspectos de la presente divulgación proporcionan un punto de acceso. El punto de acceso incluye generalmente al menos una antena, un primer circuito configurado para generar una señal que comprende una pluralidad de flujos espaciales concebidos para una pluralidad de nodos inalámbricos, un segundo circuito configurado para incluir uno o más campos de entrenamiento largos (LTF) en un preámbulo de la señal, en donde un cierto número de los LTF es suficiente para entrenar todos los flujos espaciales para todos los nodos inalámbricos, y un transmisor configurado para transmitir el preámbulo y la señal mediante dicha al menos una antena a uno o más de los nodos inalámbricos.

Breve descripción de los dibujos

De manera que las características precitadas de la presente divulgación puedan ser entendidas en detalle, se puede disponer de una descripción más específica, brevemente resumida anteriormente, por referencia a aspectos, algunos de los cuales están ilustrados en los dibujos adjuntos. Ha de observarse, sin embargo, que los dibujos adjuntos ilustran solamente ciertos aspectos típicos de esta divulgación y, por lo tanto, no han de considerarse limitadores de su alcance, porque la descripción puede admitir otros aspectos igualmente efectivos.

La FIG. 1 ilustra un diagrama de una red de comunicaciones inalámbricas de acuerdo a ciertos aspectos de la presente divulgación.

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

La FIG. 3 ilustra un diagrama de bloques de un dispositivo inalámbrico ejemplar de acuerdo a ciertos aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 4 ilustra una estructura de preámbulo ejemplar que puede dar soporte a la supresión de interferencia en el SDMA de enlace descendente, de acuerdo a ciertos aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 5 ilustra operaciones ejemplares del sector transmisor para una red de acceso múltiple por división espacial (SDMA) flexible, de acuerdo a ciertos aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 5A ilustra componentes ejemplares capaces de realizar las operaciones mostradas en la FIG. 5.

La FIG. 6 ilustra operaciones ejemplares del sector receptor para la supresión de interferencia en el SDMA de enlace descendente, de acuerdo a ciertos aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 6A ilustra componentes ejemplares capaces de realizar las operaciones mostradas en la FIG. 6.

La FIG. 7 ilustra otras operaciones ejemplares del sector transmisor de acuerdo a ciertos aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 7A ilustra componentes ejemplares capaces de realizar las operaciones mostradas en la FIG. 7.

Descripción detallada

La palabra “ejemplar” se usa en la presente memoria para indicar “que sirve como un ejemplo, caso o ilustración”. Cualquier aspecto descrito en la presente memoria como “ejemplar” no ha de interpretarse necesariamente como preferido o ventajoso con respecto a otros aspectos. También como se usa en la presente memoria, el término “estaciones heredadas” se refiere generalmente a nodos de red inalámbrica que prestan soporte a la norma 802.11n o versiones anteriores de la norma IEEE 802.11.

Un sistema ejemplar de MIMO

La FIG. 1 ilustra un sistema de MIMO de acceso múltiple 100 con puntos de acceso y terminales de usuario. Para simplificar, solamente se muestra un punto de acceso 110 en la FIG. 1. Un punto de acceso (AP) es generalmente una estación fija que se comunica con los terminales de usuario y también puede mencionarse como una estación base o con alguna otra terminología. Un terminal de usuario puede ser fijo o móvil y también puede mencionarse como una estación móvil, una estación (STA), un cliente, un dispositivo inalámbrico o con alguna otra terminología. Un terminal de usuario puede ser un dispositivo inalámbrico, tal como un teléfono celular, un asistente digital personal (PDA), un dispositivo de mano, un módem inalámbrico, un ordenador portátil, un ordenador personal, etc.

El punto de acceso 110 puede comunicarse con uno o más terminales de usuario 120 en cualquier momento dado en el enlace descendente y 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 puede comunicarse de igual a igual con otro terminal de usuario. Un controlador del sistema 130 se acopla a, y brinda coordinación y control para, los puntos de acceso.

El sistema 100 emplea múltiples antenas de transmisión y múltiples antenas de recepción para la transmisión de datos en el enlace descendente y el enlace descendente. El punto de acceso 110 está equipado con un cierto número N_{ap} de antenas y representa las entradas múltiples (MI) para las transmisiones de enlace descendente y las salidas múltiples (MO) para transmisiones de enlace ascendente. En el caso del SDMA o las MIMO de Múltiples Usuarios, un conjunto N_u de terminales de usuario 120 seleccionadas representa colectivamente las múltiples salidas para transmisiones de enlace descendente y las múltiples entradas 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 pueden ser multiplexados usando distintos canales de código con CDMA, conjuntos disjuntos de sub-bandas con el OFDM, etc. Cada terminal de usuario seleccionado transmite datos específicos del usuario a, y / o recibe datos específicos del usuario desde, el punto de acceso. En general, cada terminal de usuario seleccionado puede estar equipado 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 distinto, de antenas.

El sistema de MIMO 100 puede ser un sistema de dúplex por división del tiempo (TDD) o un sistema de dúplex 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 distintas bandas de frecuencia. El sistema de MIMO 100 también puede utilizar una portadora única o múltiples portadoras para la transmisión. Cada terminal de usuario puede estar equipado con una única antena (p. ej., a fin de mantener los costes bajos) o múltiples antenas (p. ej., allí donde puede soportarse el coste adicional).

La FIG. 2 muestra 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 las N_{ap} antenas 224a a 224ap. El terminal de usuario 120m está equipado con las $N_{ut,m}$ antenas 252ma a 252mu, y el terminal de usuario 120x está equipado con las $N_{ut,x}$ 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. Según se usa en la presente memoria, una “entidad transmisora” es un aparato o dispositivo operado independientemente, capaz de transmitir datos mediante un canal de frecuencia, y una “entidad receptora” es un aparato o dispositivo operado independientemente, capaz de recibir datos mediante un canal de frecuencia. En la siguiente descripción, el subíndice “*dn*” indica el enlace descendente, el subíndice “*up*” indica el enlace ascendente, N_{up} terminales de usuario son seleccionados para la transmisión simultánea en el enlace ascendente, N_{dn} terminales de usuario son seleccionados para la transmisión simultánea en el enlace descendente, N_{up} puede o no ser igual a N_{dn}, y N_{up} y N_{dn} pueden ser valores estáticos o pueden cambiar para cada intervalo de planificación. La guía de haces, o alguna otra técnica de procesamiento espacial, puede ser usada en el punto de acceso y el terminal de usuario.

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 un origen de datos 286 y datos de control desde un controlador 280. El procesador de datos de TX 288 procesa (p. ej., codifica, entrelaza y modula) los datos de tráfico $\{d_{up,m}\}$ para el terminal de usuario, en base a los esquemas de codificación y modulación asociados a 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 el procesamiento espacial sobre 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 (p. ej., convierte a analógico, amplifica, filtra y aumenta la 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 la transmisión desde las $N_{ut,m}$ antenas 252 al punto de acceso 110.

Un cierto número N_{up} de terminales de usuario pueden ser planificados para la transmisión simultánea en el enlace ascendente. Cada uno de estos terminales de usuario realiza el procesamiento espacial sobre su flujo de símbolos de datos y transmite su conjunto de flujos de símbolos de transmisión en el enlace ascendente al punto de acceso.

En el punto de acceso 110, las 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 el 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 recuperados de símbolos de datos de enlace ascendente. El procesamiento espacial del receptor es realizado de acuerdo a la inversión de matriz de correlación de canal (CCMI), el mínimo error cuadrado medio (MMSE), la cancelación de interferencia sucesiva (SIC) o alguna otra técnica. Cada flujo recuperado de símbolos de datos 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 (p. ej., desmodula, des-entrelaza y descodifica) cada flujo recuperado de símbolos de datos de enlace ascendente $\{s_{up,m}\}$, de acuerdo a la velocidad usada para ese flujo para obtener datos descodificados. Los datos descodificados para cada terminal de usuario pueden ser proporcionados a un sumidero de datos 244 para su almacenamiento y / o a un controlador 230 para su procesamiento adicional.

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 ser enviados en distintos canales de transporte. El procesador de datos de TX 210 procesa (p. ej., codifica, entrelaza 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 el procesamiento espacial sobre 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. Las N_{ap} unidades transmisoras 222 proporcionan N_{ap} señales de enlace descendente para su transmisión desde las N_{ap} antenas 224 a los terminales de usuario.

En cada terminal de usuario 120, las $N_{ut,m}$ 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 asociada 252 y proporciona un flujo de símbolos recibidos. Un procesador espacial de RX 260 realiza el procesamiento espacial receptor sobre $N_{ut,m}$ flujos de símbolos recibidos desde las $N_{ut,m}$ unidades receptoras 254 y proporciona un flujo recuperado de símbolos de datos de enlace descendente $\{s_{dn,m}\}$ para el terminal de usuario. El procesamiento especial receptor se realiza de acuerdo a la CCMI, el MMSE o alguna otra técnica. Un procesador de datos de RX 270 procesa (p. ej., desmodula, des-entrelaza y descodifica) el flujo recuperado de símbolos de datos de enlace descendente para obtener datos descodificados para el terminal de usuario.

La FIG. 3 ilustra diversos componentes que pueden ser utilizados en un dispositivo inalámbrico 302 que puede ser empleado dentro del sistema 100. El dispositivo inalámbrico 302 es un ejemplo de un dispositivo que puede ser configurado para implementar los diversos procedimientos descritos en la presente memoria. El dispositivo inalámbrico 302 puede ser un punto de acceso 110 o un terminal de usuario 120.

El dispositivo inalámbrico 302 puede incluir un procesador 304, que controla el funcionamiento del dispositivo inalámbrico 302. El procesador 304 también puede ser mencionado como una 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 no volátil de acceso aleatorio (NVRAM). El procesador 304 realiza habitualmente operaciones lógicas y aritméticas en base a instrucciones de programa almacenadas dentro de la memoria 306. Las instrucciones en la memoria 306 pueden ser ejecutables para implementar los procedimientos descritos en la presente memoria.

El dispositivo inalámbrico 302 también puede incluir una cubierta 308 que puede incluir un transmisor 310 y un receptor 312 para permitir la transmisión y recepción de datos entre el dispositivo inalámbrico 302 y una ubicación remota. El transmisor 310 y el receptor 312 pueden ser combinados en un transceptor 314. Una pluralidad de antenas de transmisión 316 pueden ser adosadas a la cubierta 308 y acopladas eléctricamente al transceptor 314. El dispositivo inalámbrico 302 también puede incluir transmisores múltiples (no mostrados), receptores múltiples y transceptores múltiples.

El dispositivo inalámbrico 302 también puede incluir un detector de señales 318 que puede ser usado en un esfuerzo 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 sub-portadora 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.

Los diversos componentes del dispositivo inalámbrico 302 pueden ser acoplados entre sí por 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, además de un bus de datos.

SDMA flexible – Supresión de interferencia en el SDMA

Ciertos aspectos de la presente divulgación proporcionan técnicas de supresión de interferencia para el SDMA cuando el número de antenas de recepción en un receptor es igual o superior al número de flujos espaciales destinados al receptor. El receptor puede realizar la supresión de interferencia usando las señales recibidas por todas sus antenas, lo que puede dar como resultado un sistema más robusto. Además, ciertos aspectos de la presente divulgación proponen algoritmos para combinar múltiples formas de canal y / o la conformación de haces de retro-alimentación matricial en una única transmisión del SDMA.

La conformación de haces y el SDMA pueden ser usados en sistemas de comunicación de MIMO para mejorar adicionalmente la eficacia espectral, en particular, cuando las estaciones móviles dan soporte a menos flujos espaciales que el AP. En este documento, el término 'conformación de haces' se refiere a transmisiones radiadas a una única estación a la vez, lo que es realizado para mejorar la velocidad y / o el alcance de la estación. Además, el término SDMA se usa para abarcar transmisiones radiadas a dos o más estaciones al mismo tiempo, en particular, para mejorar el caudal de la red cuando las transmisiones individuales a cada una de las estaciones están limitadas en la velocidad.

En este documento, el foco está en el SDMA de enlace descendente, en el cual un punto de acceso (AP) transmite señales conformadas en haces, o de SDMA, y una o más estaciones las reciben. Sin embargo, alguien experto en la técnica apreciará que estas técnicas pueden ser extendidas al SDMA de enlace ascendente y a las MIMO de múltiples usuarios, usando requisitos adicionales de sincronización y / o el intercambio de información de estimaciones de canal, o la conformación de haces y ponderaciones del SDMA.

En ciertas transmisiones de SDMA, sólo se guía hacia cada estación tanto entrenamiento como sea necesario para el número de flujos espaciales que estén orientados a la estación. En este caso, las estaciones no pueden entrenar directamente los canales a partir de los flujos interferentes, lo que dificulta más realizar la supresión de interferencia. Si la estimación disponible del canal de enlace descendente a una estación específica admite más flujos espaciales que los que está planeando enviar el sector que realiza el SDMA (p. ej., un AP), la expansión espacial puede hacerse para rellenar las dimensiones de canal disponibles. Sin embargo, la expansión espacial puede dar como resultado la pérdida de la conformación de haces o la ganancia del SDMA. Para impedir la pérdida de prestaciones, antes de transmitir los datos de SDMA, el transmisor puede señalizar a la estación para apagar el sobrante de sus antenas receptoras.

Sin embargo, para ciertos aspectos de la presente divulgación, el sobrante de antenas receptoras puede ser usado para realizar la supresión de interferencia. La técnica propuesta de supresión de interferencia puede dar como resultado un sistema más robusto ante el ruido y / o el envejecimiento de las estimaciones de canal disponibles en el transmisor (p. ej., el AP). Debería observarse que en este documento se supone que el AP realiza la transmisión de SDMA; sin embargo, las técnicas propuestas pueden ser usadas por dispositivos inalámbricos cualesquiera.

Según lo propuesto, el sobrante de antenas receptoras en una estación, cuando está recibiendo una transmisión de SDMA de enlace descendente, puede ser usado para mejorar las prestaciones utilizando la supresión de interferencia. La supresión de interferencia en el SDMA puede tener una o más de las siguientes ventajas: i) Robustez mejorada ante el envejecimiento de la estimación de canal disponible en el transmisor de SDMA; ii) Robustez mejorada ante el ruido en la estimación de canal disponible en el transmisor de SDMA; iii) La capacidad de usar más antenas de recepción que el número de flujos espaciales en la estación. Como resultado, puede no ser necesario apagar el sobrante de antenas de recepción que podrían estar disponibles en el receptor, pero puede ser usado para mejorar las prestaciones; y iv) La capacidad de equilibrar las prestaciones con respecto a la magnitud de la cuantización usada para la retro-alimentación explícita de la estimación de canal de enlace descendente desde la estación al transmisor de SDMA.

Para ciertos aspectos, a fin de prestar soporte a la supresión de interferencia, una estación que recibe una señal de SDMA de enlace descendente puede ser capaz de entrenar el canal efectivo después de recibir señales de pre-codificación de SDMA desde todos los flujos espaciales, incluyendo uno o más flujos espaciales concebidos para otras estaciones. La estación también puede necesitar conocer cuáles flujos espaciales están asignados a ella.

La FIG. 4 ilustra una estructura de preámbulo ejemplar que da soporte a la supresión de interferencia en el SDMA de enlace descendente, de acuerdo a ciertos aspectos de la presente divulgación. El preámbulo puede consistir en dos partes, tales como una parte de Omni-herencia 402 y una parte pre-codificada 404.

La parte de Omni-herencia 402 puede incluir un campo (heredado) de entrenamiento corto (L-STF), un campo de entrenamiento largo (L-LTF), un campo de señal (L-SIG) y un campo de señal de alto caudal (HT-SIG). La parte de Omni-herencia del preámbulo puede ser transmitida a todas las estaciones sin ninguna conformación de haces. Esta parte puede ser destinada a dispositivos heredados que pueden ser conformes a las normas IEEE 802.11n/a/b/g.

La parte pre-codificada 404 del preámbulo puede incluir un campo de STF de muy alto caudal (VHT-STF), un campo VHT-LTF1 412, un campo de señal de muy alto caudal 408 (el campo VHT-SIG1) y uno o más campos VHT-LTF 406, y un campo VHT-SIG2 410 que puede ser seguido por datos de SDMA. La parte pre-codificada del preámbulo puede ser conformada con haces o transmitida usando el SDMA. La parte pre-codificada 404 del preámbulo puede ser destinada a estaciones con alto caudal que prestan soporte a la conformación de haces, o a estaciones que prestan soporte a mejoras de las normas IEEE 802.11n/a/b/g.

El número de los LTF 406, junto con la información acerca de cuáles flujos espaciales están asignados a cuál estación, puede ser incluido en el campo VHT-SIG1 408, que puede ser similar para todas las estaciones. El otro campo VHT-SIG (es decir, el campo VHT-SIG2 410) puede ser específico de la estación y puede contener información tal como el tipo de modulación, la velocidad de codificación y una longitud del paquete de transmisión dedicado para cada estación.

Para ciertos aspectos, el campo VHT-LTF1 412 y los campos VHT-LTF 406 se escogen de modo que todos los flujos espaciales puedan ser entrenados. Cuando una estación pretende realizar la supresión de interferencia, la estación puede entrenarse para todos los flujos espaciales. Cuando una estación decide no realizar la supresión de interferencia, la estación puede solamente entrenarse para los flujos espaciales destinados para ella, en base a la información obtenida desde el campo VHT-SIG1 408.

SDMA flexible

Ciertos aspectos de la presente divulgación proponen algoritmos para combinar múltiples formas de retro-alimentación de canal y / o de matriz de conformación de haces en una única transmisión de Acceso Múltiple por División Espacial (SDMA).

A fin de realizar la conformación de haces o el SDMA a uno o más destinos, un AP necesita conocer los canales de enlace descendente y / o las matrices de conformación de haces correspondientes a los canales de enlace descendente. El conocimiento de los canales de enlace descendente puede obtenerse, ya sea explícitamente o implícitamente. En el procedimiento explícito, el AP puede enviar una secuencia de entrenamiento de canal con dimensiones espaciales adecuadas a la estación a la quiere conformar haces, o a las estaciones que quiere incluir en una transmisión de SDMA. Las estaciones pueden ser capaces de medir / estimar el canal de enlace descendente. Una vez que el canal está estimado, las estaciones pueden suministrar el canal de enlace descendente estimado, o la matriz de conformación de haces que se obtiene del canal de enlace descendente, de vuelta al AP.

Una de las ventajas de la estimación explícita de canal es que el AP no tiene que tener el mismo número de antenas de transmisión que de antenas de recepción, a diferencia del procedimiento implícito, que requiere el mismo número de cadenas de transmisión y recepción en el AP. Otra ventaja del procedimiento explícito es que la calibración de la ganancia y las diferencias de fase entre las antenas de recepción y las antenas de transmisión del AP puede no ser requerida. Una ventaja adicional del procedimiento explícito sobre el procedimiento implícito es que el procedimiento explícito puede ser usado en sistemas de dúplex por división de frecuencia (FDD).

Para la conformación de haces, o el SDMA, en base al procedimiento implícito de estimación de canal, el canal de enlace descendente puede ser implícitamente determinado observando el canal de enlace ascendente en el AP (suponiendo comunicación de dúplex por división del tiempo (TDD)). El canal de enlace ascendente puede luego ser traspuesto y, cuando sea necesario, corregido para cualquier ganancia relativa y diferencias de fase en cada par de cadenas de recepción y transmisión. Estas diferencias de ganancia y fase pueden ser estimadas mediante calibración. El procedimiento implícito de estimación de canal puede requerir el mismo número de cadenas de recepción activas que cadenas de transmisión activas en el AP.

Una estimación implícita del canal de enlace descendente para una estación puede ser dada de la siguiente manera:

$$\mathbf{H} = \mathbf{H}^{T}_{enlace\ ascendente}\mathbf{C}, \qquad (1)$$

donde $H_{enlace\ ascendente}$ puede representar el canal de enlace ascendente de banda estrecha (combinado) (p. ej., de una entre las sub-portadoras de OFDM(A)) de la estación que es un objetivo, bien de la conformación de haces o bien de la transmisión de SDMA. El $H_{enlace\ ascendente}$ puede consistir en N_{tx} x N_{rx} elementos complejos, donde N_{tx} es el número de antenas de transmisión en el AP y N_{rx} es el número de antenas de recepción en la estación. $(.)^T$ representa la traspuesta de la matriz correspondiente. La matriz C puede ser una matriz diagonal con elementos complejos que se usan para corregir la ganancia relativa y las diferencias de fase en cada par de cadenas de recepción y transmisión. Las diferencias de ganancia también pueden incluir diferencias relativas en las configuraciones de ganancia de cada cadena receptora cuando se observa el $H_{enlace\ ascendente}$.

La norma IEEE 802.11n presta soporte a distintos tipos de conformación de haces, tales como la conformación de haces implícita, la conformación de haces explícita usando la retro-alimentación de Información de Estado de Canal (CSI) y la conformación de haces explícita usando retro-alimentación de matriz de conformación de haces, ya sea comprimida o no comprimida.

Para ciertos aspectos de la presente divulgación, se propone un procedimiento que combina distintos tipos de procedimientos de conformación de haces de la norma IEEE 802.11n en una única transmisión de SDMA, dando como resultado más flexibilidad del sistema.

La FIG. 5 ilustra operaciones ejemplares del sector transmisor 500 para una red de SDMA flexible, de acuerdo a ciertos aspectos de la presente divulgación. En 502, un transmisor (p. ej., un punto de acceso) puede realizar la estimación de canal para canales inalámbricos entre el punto de acceso y al menos dos receptores (p. ej., nodos inalámbricos) de la red de SDMA. La estimación de canal de al menos uno de los nodos inalámbricos puede obtenerse de forma distinta que para los otros nodos inalámbricos. Las estimaciones de canal pueden obtenerse ya sea mediante retro-alimentación explícita desde el nodo inalámbrico al punto de acceso, que comprende una CSI o cualquier representación comprimida de la CSI, o bien estimación implícita del canal desde el punto de acceso al nodo inalámbrico, usando el canal desde los nodos inalámbricos al punto de acceso.

En 504, el punto de acceso puede apilar la estimación explícita de canal y la estimación implícita de canal para obtener la estimación combinada de canal. En 506, el punto de acceso puede calcular ponderaciones de SDMA en base a la estimación combinada de canal. En 508, el punto de acceso puede transmitir una o más señales a dichos al menos dos nodos inalámbricos usando las ponderaciones calculadas de SDMA o las derivadas de las ponderaciones de SDMA, en las que una primera parte de las señales concebidas para receptores incapaces de SDMA puede no estar conformada en haces y la segunda parte de las señales concebidas para receptores capaces de SDMA puede no estar conformada en haces. En un aspecto, el punto de acceso puede transmitir al menos uno entre un número total de flujos espaciales, y realizar la correlación de uno o más flujos espaciales concebidos para cada uno de los receptores en un paquete antes de la transmisión de SDMA.

La FIG. 6 ilustra operaciones ejemplares del sector receptor 600 para la supresión de interferencia en el SDMA de enlace descendente, de acuerdo a ciertos aspectos de la presente divulgación. En 602, un receptor (p. ej., un nodo inalámbrico) puede recibir una señal por una o más de sus antenas. La señal puede contener una pluralidad de flujos espaciales, en donde el número de flujos espaciales concebidos para el receptor es menor o igual que el número de antenas de recepción del receptor, y la señal puede comprender campos de entrenamiento largos (LTF) para cada uno entre la pluralidad de flujos espaciales. El receptor puede recibir, en un paquete antes de la recepción de la señal, información acerca de al menos uno entre: un número máximo de los flujos espaciales e información acerca de los flujos espaciales concebidos para cada uno de los receptores.

En 604, el receptor puede realizar la supresión de interferencia para eliminar la interferencia provocada por flujos espaciales concebidos para otros uno o más receptores, en base a los LTF de la señal recibida por cada una de las una o más antenas del receptor, en donde los LTF se utilizan para estimar canales de flujos espaciales concebidos para otros receptores. Para ciertos aspectos, un descodificador dentro del receptor puede descodificar uno o más flujos espaciales concebidos para el receptor, usando el conocimiento acerca de flujos espaciales concebidos para los otros receptores, ganado al realizar la supresión de interferencia.

La FIG. 7 ilustra operaciones ejemplares del sector transmisor 700 de acuerdo a ciertos aspectos de la presente divulgación. En 702, un transmisor (p. ej., un punto de acceso) puede generar una señal que comprende una pluralidad de flujos espaciales concebidos para una pluralidad de receptores (p. ej., nodos inalámbricos). En 704, el punto de acceso puede incluir uno o más LTF en un preámbulo de la señal, en donde un cierto número de los LTF puede ser suficiente para entrenar todos los flujos espaciales para todos los receptores. En 706, el punto de acceso puede transmitir el preámbulo y la señal a uno o más de los receptores.

Modelo de señales

Para explicar el procedimiento propuesto, puede suponerse que canales de enlace descendente, múltiples antenas y banda estrecha, con desvanecimiento plano, son utilizados por *i* estaciones. La *i*-ésima estación puede estar equipada con $N_{rx,i}$ antenas de recepción, y el AP puede tener N_{tx} antenas de transmisión. Un canal de banda estrecha de ese tipo, por ejemplo, podría ser observado en una sub-portadora de OFDM(A).

Una señal $y^{(i)}$ de banda base compleja de tiempo discreto, recibida por la *i*-ésima estación a través del canal de banda estrecha, puede ser modelada de la siguiente manera:

$$\mathbf{y}^{(i)} = \mathbf{H}^{(i)}\mathbf{x} + \mathbf{n}^{(i)}, \; i = 1, ..., I, \qquad (2)$$

donde $H^{(i)}$ representa el canal de dimensiones $N_{rx,i}xN_{tx}$ a la *i*-ésima estación, que contiene elementos complejos, *x* puede ser el vector complejo de N_{tx} dimensiones, transmitido por el AP, y $n^{(i)}$ puede ser un vector complejo de dimensiones $N_{rx,i}$ que representa el ruido blanco Gaussiano aditivo en la *i*-ésima estación.

Puede suponerse que el AP tiene suficiente información disponible para transmitir señales de SDMA a todas las i estaciones. El AP puede realizar un SDMA de tipo ZF (forzamiento a cero) o de tipo MMSE. Sin pérdida de generalidad, en este documento, se describe el SDMA de tipo ZF.

En el SDMA con forzamiento a cero (ZF-SDMA), la información requerida para realizar el SDMA con $N_{ss,i}$ flujos espaciales a la *i*-ésima estación puede ser capturada en la matriz $G^{(i)}$ de dimensiones $N_{ss,i}xN_{tx}$ (con $N_{ss,i} \leq N_{rx,i}$). Por lo tanto, una matriz W_{tot} combinada de ponderación de ZF-SDMA y dimensiones $N_{tx}xN_{ss,tot}$ puede ser escrita de la siguiente manera:

$$\mathbf{W}_{tot} = \mathbf{P}^{\frac{1}{2}}\mathrm{pinv}\left(\begin{pmatrix}\mathbf{G}^{(1)}\\ \vdots \\ \mathbf{G}^{(I)}\end{pmatrix}\right)\mathbf{Q}^{\frac{1}{2}} = \mathbf{P}^{\frac{1}{2}}\mathrm{pinv}\left(\mathbf{G}_{tot}\right)\mathbf{Q}^{\frac{1}{2}} = \mathbf{P}^{\frac{1}{2}}\mathbf{G}_{tot}^{H}\mathbf{Q}^{\frac{1}{2}}\left(\mathbf{Q}^{\frac{1}{2}}\mathbf{G}_{tot}\mathbf{G}_{tot}^{H}\mathbf{Q}^{\frac{1}{2}}\right)^{-1}, \quad (3)$$

donde *pinv(.)* represente la seudo-inversa de la matriz correspondiente, y *P* y *Q* son matrices diagonales que pueden ser usadas para optimizar, respectivamente, la potencia por antena de transmisión y la potencia por flujo espacial.

Para el SDMA de tipo MMSE, la matriz W_{tot} de ponderación del SDMA puede ser calculada de la siguiente manera:

$$\mathbf{W}_{tot} = \mathbf{P}^{\frac{1}{2}}\mathbf{G}_{tot}^{H}\mathbf{Q}^{\frac{1}{2}}\left(\mathbf{A} + \mathbf{Q}^{\frac{1}{2}}\mathbf{G}_{tot}\mathbf{G}_{tot}^{H}\mathbf{Q}^{\frac{1}{2}}\right)^{-1}, \qquad (4)$$

donde *A* es una matriz diagonal cuyos elementos son valores esperados de potencia de ruido por flujo espacial. Cuando *Q* se seleccionada adecuadamente, los elementos diagonales de *A* también pueden ser fijados en un único valor por estación, tal como α_i, o incluso en un único valor para todas las estaciones, tal como α.

Dado que se envían $N_{ss,i}$ flujos espaciales a cada estación, la matriz W_{tot} de ponderación puede ser descompuesta en *i* sub-matrices $W^{(i)}$, teniendo la *i*-ésima sub-matriz $N_{ss,i}$ columnas de la matriz W_{tot} de ponderación original. La señal *x* transmitida puede ser escrita de la siguiente manera:

$$\mathbf{x} = \sum_{i=1}^{I}\mathbf{W}^{(i)}\mathbf{s}^{(i)}, \qquad (5)$$

donde $s^{(i)}$ es el vector complejo de dimensión $N_{ss,i}$ que representa los símbolos para la estación *i*, y $W^{(i)}$ es la matriz de ponderación de SDMA para la estación *i*.

Procedimientos de conformación de haces

La norma IEEE 802.11n presta soporte a distintos tipos de conformación de haces. En esta sección, se describen la información que el AP recibe, ya sea implícitamente o explícitamente, mediante un informe de retro-alimentación, y un procedimiento propuesto de Selección de Auto-modalidad (ES).

Tanto en el procedimiento de conformación implícita de haces como en la conformación explícita de haces, usando Retro-alimentación de CSI, el AP obtiene una estimación del canal $H^{(i)}$ de enlace descendente a cada estación *i*. En la conformación explícita de haces, usando retro-alimentación de matriz de conformación de haces, basada en la norma IEEE 802.11n, una matriz $V^{(i)}$ de conformación de haces es retro-alimentada por la estación *i*.

La estación puede calcular $V^{(i)}$ realizando una Descomposición en Valores Singulares (SVD) de tamaño económico en el canal de enlace descendente, de modo que $H^{(i)} = U^{(i)} D^{(i)} (V^{(i)})^H$, donde $(.)^H$ representa la traspuesta conjugada de la matriz correspondiente, y $U^{(i)}$, $D^{(i)}$ y $V^{(i)}$ pueden tener, en general, dimensiones tales como $N_{rx,i}xN_{rx,i}$, $N_{rx,i}xN_{rx,i}$ y $N_{tx}xN_{rx,i}$, respectivamente.

Para una retro-alimentación comprimida, $V^{(i)}$ debería consistir en columnas ortogonales. Esta propiedad se usa en la compresión y $V^{(i)}$ puede no ser efectivamente retro-alimentada, sino solamente su representación comprimida. El AP puede utilizar la representación comprimida para reconstruir la matriz $V^{(i)}$ de conformación de haces.

Para ciertos aspectos de la presente divulgación, se propone un procedimiento de Selección de Auto-modalidad (ES) que no solamente retro-alimenta la matriz $V^{(i)}$ de conformación de haces (o su representación comprimida), sino que también retro-alimenta los valores singulares, que están en la diagonal de la matriz $D^{(i)}$.

El AP puede escoger enviar menos flujos espaciales que los valores singulares disponibles (es decir, que las Auto-modalidades disponibles) a la estación *i*. En ese caso, el AP puede seleccionar los primeros (es decir, los mejores) $N_{ss,i}$ auto-vectores de $V^{(i)}$ y al menos un valor singular de $D^{(i)}$, de modo que $G^{(i)}$ podría escribirse de la siguiente manera:

$$\mathbf{G}^{(i)} = \mathbf{D}^{(i)}_{1:N_{ss,i},1:N_{ss,i}} \left(\mathbf{V}^{(i)^H} \right)_{1:N_{ss,i}}, \qquad (6)$$

donde el subíndice $1:N_{ss,i}$ indica las primeras $N_{ss,i}$ filas de la matriz correspondiente y $1:N_{ss,i}$, $1:N_{ss,i}$ indica los $N_{ss,i}xN_{ss,i}$ elementos arriba a la izquierda de la matriz correspondiente.

Una de las ventajas del procedimiento de Selección de Auto-modalidad propuesto sobre el procedimiento que usa solamente la matriz $V^{(i)}$ de conformación de haces es que, al usar el SDMA con ZF o MMSE, las auto-modalidades quedan ecualizadas de modo que pueda usarse la misma velocidad en los flujos espaciales a una estación. El procedimiento de Selección de Auto-modalidad propuesto, en combinación con el SDMA de tipo MMSE, puede llamarse MMSE-ES.

Para ciertos aspectos, los procedimientos de SDMA propuestos pueden ser combinados con los procedimientos de retro-alimentación descritos anteriormente. El AP puede enviar señales de SDMA a estaciones para las cuales está disponible la CSI de enlace descendente. Cuando el AP tiene la CSI disponible para múltiples estaciones, por ejemplo, puede realizar el ZF-SDMA fijando $G^{(i)}$ para la estación *i* igual a $H^{(i)}$.

Como ejemplo, puede suponerse un AP de 4 antenas y dos estaciones tales como la estación1 y la estación2 con una y dos antenas, respectivamente. En este ejemplo, $H^{(1)}$ tiene tamaño *1x4* y $H^{(2)}$ tiene tamaño *2x4* y, en el caso de ZF-SDMA, la matriz W_{tot} de ponderación de SDMA puede ser escrita de la siguiente manera:

$$\mathbf{W}_{tot} = \text{pinv}\left(\begin{pmatrix} \mathbf{H}^{(1)} \\ \mathbf{H}^{(2)} \end{pmatrix} \right). \qquad (7)$$

Cuando el AP envía un flujo espacial a la estacion1 y dos flujos espaciales a la estación2 aplicando la matriz W_{tot} de ponderación de SDMA, si el AWGN en el sector receptor es ignorado, la estación1 y la estación2 pueden ver, respectivamente, los siguientes canales efectivos:

$$\mathbf{H}^{(1)}\mathbf{W}_{tot} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \qquad (8)$$

$$\mathbf{H}^{(2)}\mathbf{W}_{tot} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \qquad (9)$$

donde cada columna de los canales efectivos describe cómo se pondera un flujo espacial en el sector de la estación.

Por lo tanto, en el caso ideal, la estación1 no puede ver ninguna interferencia desde los flujos espaciales 2 y 3 (es decir, los flujos destinados a la estación2) porque las columnas correspondientes de $\boldsymbol{H}^{(1)}\boldsymbol{W}_{tot}$ son cero, y la estación2 no puede ver ninguna interferencia desde el flujo espacial 1 (es decir, el flujo destinado a la estación1), porque la primera columna de $\boldsymbol{H}^{(2)}\boldsymbol{W}_{tot}$ es de todos ceros.

Para ciertos aspectos, cuando el AP no tiene suficiente conocimiento de los valores de CSI de enlace descendente, la supresión de interferencia puede ser realizada en la estación para mitigar la interferencia de múltiples usuarios. En ese caso, una estación de ese tipo puede necesitar tener grados adicionales de libertad. Una estación que tiene más antenas de recepción que el número de flujos espaciales orientados a la estación en la transmisión de SDMA, tiene generalmente grados adicionales de libertad que puede usar para mitigar la interferencia.

Por ejemplo, si la estación1 tiene dos antenas, pero el AP envía sin embargo un flujo espacial a esta estación, y si el AP selecciona la primera fila de la $H^{(1)}_{2x4}$ para la transmisión, indicada por $H_1^{(1)}$, entonces la matriz de ponderación de SDMA puede ser escrita de la siguiente manera:

$$\mathbf{W}_{tot} = \text{pinv}\left(\begin{matrix}\mathbf{H}_1^{(1)} \\ \mathbf{H}^{(2)}\end{matrix}\right), \qquad (10)$$

Por lo tanto, la estación1 puede ver el siguiente canal efectivo:

$$\mathbf{H}_{eff}^{(1)} = \mathbf{H}^{(1)}\mathbf{W}_{tot} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{pmatrix}, \qquad (11)$$

donde c_x es un valor complejo. La estación1 puede ser capaz de entrenar el canal efectivo *2x3* utilizando un entrenamiento de flujo tri-espacial. Por lo tanto, puede calcular una ponderación de MMSE a partir del canal efectivo y utilizarla para obtener una estimación de canal, de la siguiente manera:

$$\mathbf{W}_{MMSE}\mathbf{H}_{eff}^{(1)} = \mathbf{H}_{eff}^{(1)\,H}\left(\alpha\mathbf{I} + \mathbf{H}_{eff}^{(1)}\mathbf{H}_{eff}^{(1)\,H}\right)^{-1}\mathbf{H}_{eff}^{(1)} \approx \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & c_{22} & c_{23} \\ 0 & c_{32} & c_{33} \end{pmatrix}. \qquad (12)$$

Como resultado, la estación1 puede extraer el primer flujo espacial que está dirigido a ella. Debería observarse que la estación1 puede necesitar solamente una antena de recepción adicional para mitigar la interferencia desde los dos flujos de la estación2. Esto es posible debido a la utilización del SDMA de tipo ZF o MMSE en el AP.

Además, el tamaño de la matriz que necesita ser invertida en la ponderación de MMSE de la estación1 puede ser igual a $N_{rx,1}xN_{rx,1}$, que es *2x2* en este ejemplo. Además, la estación1 puede estar solamente interesada en su propio flujo espacial; por lo tanto, la ecuación (12) puede ser simplificada como la siguiente ecuación:

$$\left(\mathbf{W}_{MMSE}\right)_1\mathbf{H}_{eff}^{(1)} = \left(\mathbf{H}_{eff}^{(1)\,H}\right)_1\left(\alpha\mathbf{I} + \mathbf{H}_{eff}^{(1)}\mathbf{H}_{eff}^{(1)\,H}\right)^{-1}\mathbf{H}_{eff}^{(1)} \approx \begin{pmatrix}1 & 0 & 0\end{pmatrix}, \qquad (13)$$

donde $(.)_1$ representa la primera fila de la matriz correspondiente.

SDMA PARA DISPOSITIVOS QUE DAN SOPORTE A RETRO-ALIMENTACIÓN DE MATRIZ DE CONFORMACIÓN EXPLÍCITA DE HACES

El SDMA de tipo ZF o MMSE también puede ser aplicado a dispositivos que prestan soporte a la retro-alimentación de matriz de conformación explícita de haces. Como ejemplo, pueden considerarse un AP de 4 antenas y dos estaciones (p. ej., la estación1 y la estación2), cada una con dos antenas. El canal combinado desde el AP a las estaciones puede ser una matriz *H* de tamaño *4x4*. Las dos primeras filas de *H* pueden representar el canal a la

estación1, $H^{(1)}$, y las dos segundas filas de H pueden representar el canal a la estación2, $H^{(2)}$. La SVD de "tamaño económico" realizada por cada una de las estaciones puede ser escrita de la siguiente manera:

$$\mathbf{H}^{(1)} = \mathbf{U}^{(1)}\mathbf{D}^{(1)}\mathbf{V}^{(1)H} \quad \text{y} \quad \mathbf{H}^{(2)} = \mathbf{U}^{(2)}\mathbf{D}^{(2)}\mathbf{V}^{(2)H}. \qquad (14)$$

Si el AP calcula una matriz ZF a partir de las matrices combinadas de conformación de haces de la SVD que ha recibido, puede calcularse la siguiente matriz de ponderación de SDMA:

$$\mathbf{W}_{tot} = \text{pinv}\left(\begin{pmatrix} \mathbf{V}^{(1)H} \\ \mathbf{V}^{(2)H} \end{pmatrix}\right). \qquad (15)$$

Obsérvese que, en general, la matriz generada a partir de las matrices combinadas de conformación de haces de la SVD puede no dar como resultado una matriz unitaria, ya que las columnas de $V^{(1)}$ pueden no ser ortogonales a las columnas de $V^{(2)}$.

Cuando el AP aplica la anterior matriz de ponderación de SDMA, la estación1 y la estación2 pueden ver, respectivamente, los siguientes canales efectivos:

$$\mathbf{H}^{(1)}\mathbf{W}_{tot} = \left(\mathbf{U}^{(1)}\mathbf{D}^{(1)} \quad \mathbf{0}_{2\times 2}\right), \qquad (16)$$

$$\mathbf{H}^{(2)}\mathbf{W}_{tot} = \left(\mathbf{0}_{2\times 2} \quad \mathbf{U}^{(2)}\mathbf{D}^{(2)}\right), \qquad (17)$$

donde 0_{2x2} representa una matriz de tamaño *2x2* con todos sus elementos iguales a cero. Como resultado, el transmisor puede enviar los datos a la estación1 en los flujos espaciales 1 y 2 y a la estación2 en los flujos espaciales 3 y 4, respectivamente. Cada estacón puede ser capaz de recibir sus propios datos si se usa el entrenamiento adecuado.

En este ejemplo, el número de flujos espaciales destinados a cada estación es igual al número de antenas de recepción de la estación. Dado que no se necesita ningún procesamiento espacial dedicado en las estaciones, las estaciones pueden usar solamente su detector de MIMO.

Como un segundo ejemplo, pueden considerarse un AP de 4 antenas y dos estaciones de 3 antenas. Por lo tanto, el canal combinado desde el AP a las estaciones puede ser una matriz H de tamaño *6x4*, donde las tres primeras filas de H pueden representar el canal a la estación1, $H^{(1)}$, y las próximas tres filas de H pueden representar el canal a la estación2, $H^{(2)}$. La SVD de "tamaño económico" hecha por la estación1 y la estación2 puede dar como resultado las siguientes ecuaciones, respectivamente:

$$\mathbf{H}^{(1)} = \mathbf{U}^{(1)}\mathbf{D}^{(1)}\mathbf{V}^{(1)H} \quad \text{y} \quad \mathbf{H}^{(2)} = \mathbf{U}^{(2)}\mathbf{D}^{(2)}\mathbf{V}^{(2)H}. \qquad (18)$$

Dado que el AP con cuatro antenas de transmisión solamente puede dar soporte a un total de cuatro flujos espaciales, cada estación, o el AP, puede seleccionar dos columnas de $V^{(1)}$ y $V^{(2)}$, respectivamente. En el caso en que la estación hace la selección, la estación puede retro-alimentar las columnas seleccionadas de nuevo en $V^{(1)}$ y $V^{(2)}$, respectivamente, de modo que $V^{(i)}$ esté formado a partir de dos columnas de $V^{(i)}$, en donde $i = \{1, 2\}$.

Después de recibir las matrices $V^{(1)}$ y $V^{(2)}$, el AP puede crear una matriz de ponderación de ZF-SDMA, según lo siguiente:

$$\mathbf{W}_{tot} = \text{pinv}\left(\begin{pmatrix} \mathbf{V'}^{(1)H} \\ \mathbf{V'}^{(2)H} \end{pmatrix}\right). \quad (19)$$

En este ejemplo, sin embargo, las estaciones necesitan aplicar filtrado espacial dedicado o supresión de interferencia a fin de separar distintos flujos espaciales. Cuando las dos columnas seleccionadas en $V^{(1)}$ y $V^{(2)}$ corresponden, respectivamente, a las entradas diagonales primera y segunda en $D^{(1)}$ y $D^{(2)}$, entonces las estaciones pueden ver los siguientes canales efectivos:

$$\mathbf{H}_{eff}^{(1)} = \mathbf{U}^{(1)}\mathbf{D}^{(1)}\mathbf{V}^{(1)H}\mathbf{W}_{tot} = \mathbf{U}^{(1)}\mathbf{D}^{(1)}\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ c_1 & c_2 & c_3 & c_4 \end{pmatrix}, \quad (20)$$

$$\mathbf{H}_{eff}^{(2)} = \mathbf{U}^{(2)}\mathbf{D}^{(2)}\mathbf{V}^{(2)H}\mathbf{W}_{tot} = \mathbf{U}^{(2)}\mathbf{D}^{(2)}\begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ c_1 & c_2 & c_3 & c_4 \end{pmatrix}, \quad (21)$$

donde c_x, x = 1, ... 4 son valores complejos, que son, muy probablemente, distintos para cada estación. Como resultado, las dos primeras auto-modalidades para cada estación pueden contener los flujos asignados, mientras que la tercera auto-modalidad para cada estación puede incluir interferencia desde la otra estación.

Para ciertos aspectos, al menos dos procedimientos pueden ser usados para eliminar por filtrado las dos auto-modalidades deseadas en cada una de las estaciones. El primer procedimiento puede ser usar el filtrado espacial dedicado, en el cual el procesamiento dedicado para la estación *i* consiste en la traspuesta Hermitiana de las dos primeras columnas de $U^{(i)}$. El flujo espacial dedicado puede dar como resultado los siguientes canales diagonales efectivos para la estación1 y la estación2, respectivamente:

$$\left(\mathbf{U}^{(1)H}\right)_{1:2}\mathbf{H}^{(1)}\mathbf{W}_{tot} = \begin{pmatrix} \mathbf{D}_{11}^{(1)} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \mathbf{D}_{22}^{(1)} & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad (22)$$

$$\left(\mathbf{U}^{(2)H}\right)_{1:2}\mathbf{H}^{(2)}\mathbf{W} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \mathbf{D}_{11}^{(2)} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \mathbf{D}_{22}^{(2)} \end{pmatrix}. \quad (23)$$

Por lo tanto, cada estación puede ser capaz de estimar los datos en los dos flujos espaciales dirigidos a ella. Obsérvese que, dado que el canal diagonal efectivo consiste en los dos primeros valores singulares, cuando estos valores singulares no son iguales, la velocidad / modulación desigual en las dos auto-modalidades puede dar como resultado un mejor caudal que la velocidad / modulación igual.

El segundo procedimiento para extraer por filtrado las dos auto-modalidades deseadas en cada una de las estaciones puede estar basado en la detección de múltiples usuarios. En la detección de múltiples usuarios o la supresión de interferencia, una ponderación de MMSE puede ser calculada y la matriz de canal efectivo $H_{eff}^{(i)}$ puede ser invertida. Multiplicando la matriz de canal efectivo $H_{eff}^{(1)}$ de dimensiones *3x4*, por una seudo-inversa de $H_{eff}^{(1)}$, puede resultar la siguiente ecuación:

$$\mathbf{H}_{eff}^{(1)H}\left(\mathbf{H}_{eff}^{(1)}\mathbf{H}_{eff}^{(1)H}\right)^{-1}\mathbf{H}_{eff}^{(1)} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & c_{33} & c_{34} \\ 0 & 0 & c_{43} & c_{44} \end{pmatrix}. \quad (24)$$

Dado que solamente se necesitan los dos primeros flujos en la estación1, la ecuación anterior puede ser simplificada de la siguiente manera:

$$\left(\mathbf{H}_{eff}^{(1)H}\right)_{1:2}\left(\mathbf{H}_{eff}^{(1)}\mathbf{H}_{eff}^{(1)H}\right)^{-1}\mathbf{H}_{eff}^{(1)}=\begin{pmatrix}1&0&0&0\\0&1&0&0\end{pmatrix}. \qquad (25)$$

En este procedimiento, la estación puede necesitar calcular una matriz inversa con un tamaño igual al número de sus antenas de recepción activas. Debería observarse que la estación puede necesitar solamente una antena de recepción más que el número de flujos espaciales que recibe o puede recibir para beneficiarse con este procedimiento.

Obsérvese que si se aplica la MMSE-ES en este ejemplo que tiene un AP de 4 antenas y dos estaciones de 3 antenas, la ponderación del SDMA de tipo ZF o MMSE se calcula a partir de una combinación de $D^{(i)}V^{(i)H}$, en lugar de una combinación de matrices $V^{(i)H}$.

SDMA flexible

Ciertos aspectos de la presente divulgación presentan una técnica de SDMA flexible en la cual una pluralidad de tipos de retro-alimentación puede ser combinada en una transmisión de SDMA, utilizando ZF, MMSE u otros procedimientos.

Se presenta un ejemplo para asistir en la descripción de la técnica propuesta de SDMA Flexible; sin embargo, los expertos en la técnica apreciarán el hecho de que el esquema propuesto puede ser usado para cualquier escenario general. Un AP de 4 antenas puede ser considerado con tres estaciones, la estación1, la estación2 y la estación3.

La estación1 puede utilizar una antena de recepción y prestar soporte a la conformación implícita de haces, en conformidad con la norma IEEE 802.11n. El AP puede obtener la CSI de enlace descendente a partir de una transmisión de enlace ascendente tal como una señal de sondeo, de modo que $G^{(1)} = H^{(1)}$, que tiene dimensiones $1xN_{tx}$, y la traspuesta del canal de enlace ascendente.

La estación2 también puede utilizar una antena de recepción y enviar retro-alimentación explícita en conformidad con la norma IEEE 802.11n. La retro-alimentación puede ser una matriz de conformación de haces obtenida a partir de la SVD de tamaño económico de $H^{(2)}$, $H^{(2)} = U^{(2)}\ D^{(2)}\ V^{(2)H}$, de modo que $G^{(2)} = V^{(2)H}$ sea una matriz de dimensiones $1xN_{tx}$ y $D^{(2)}$ contenga un valor singular.

La estación3 puede tener dos antenas de recepción y puede prestar soporte a la MMSE-ES y a la supresión de interferencia, para lo cual el AP selecciona una auto-modalidad, de modo que $G^{(3)} = D^{(3)}\ V^{(3)H}$, donde $V^{(3)}$ es el primer auto-vector de $V^{(3)}$ y $D^{(3)}$ es el primer vector singular.

Para una técnica de SDMA que utiliza ZF, la matriz de ponderación de SDMA puede ser escrita de la siguiente manera:

$$\mathbf{W}_{tot}=\mathrm{pinv}\left(\begin{pmatrix}\mathbf{G}^{(1)}\\\mathbf{G}^{(2)}\\\mathbf{G}^{(3)}\end{pmatrix}\right)=\mathrm{pinv}\left(\begin{pmatrix}\mathbf{H}^{(1)}\\\mathbf{V}^{(2)H}\\\mathbf{D}'^{(3)}\mathbf{V}'^{(3)H}\end{pmatrix}\right). \qquad (26)$$

Al aplicar la anterior matriz de ponderación de SDMA al AP, los canales efectivos vistos por cada estación pueden ser escritos de la siguiente manera:

$$\mathbf{H}^{(1)}\mathbf{W}_{tot} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad (27)$$

$$\mathbf{H}^{(2)}\mathbf{W}_{tot} = \begin{pmatrix} 0 & \mathbf{D}^{(2)} & 0 \end{pmatrix}, \quad (28)$$

$$\mathbf{H}^{(3)}\mathbf{W}_{tot} = \mathbf{U}^{(3)}\begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{pmatrix}. \quad (29)$$

Sin mucho procesamiento, la estación1 y la estación2 pueden obtener sus respectivos flujos espaciales. La estación3 puede extraer por filtrado su flujo espacial aplicando un filtro espacial específico, tal como la traspuesta Hermitiana de la primera columna de $U^{(3)}$, o aplicando la supresión de interferencia según lo descrito anteriormente.

Para ciertos aspectos de la presente divulgación, puede haber algunas limitaciones para la técnica de SDMA flexible. Por ejemplo, cuando una estación es incapaz de apagar una antena, o cuando una estación no almacena su matriz *U* para realizar el filtrado espacial dedicado, lo que es probablemente cierto para la mayoría de los dispositivos que utilizan la norma IEEE 802.11n, y cuando una estación no presta soporte a la supresión de interferencia, el AP debería anular todas las antenas de recepción activas o las correspondientes auto-modalidades activas. El AP puede usar una velocidad con $N_{ss,i}$ igual a $N_{rx,i}$, o bien usar menos flujos espaciales y copiarlos / expandirlos espacialmente en los $N_{rx,i}$ flujos disponibles. En la transmisión de SDMA, el AP puede enviar un entrenamiento a estas estaciones que admite el entrenamiento de canal de $N_{rx,i}$ flujos espaciales.

Cuando el AP sabe que una estación presta soporte a la supresión de interferencia, en la transmisión de SDMA, el AP puede proporcionar un entrenamiento para $N_{ss,tot}$ flujos. La estación puede entonces entrenar el canal de tamaño $N_{rx,i}xN_{ss,tot}$ y realizar la supresión de interferencia con el canal entrenado. Obsérvese que durante el sondeo y la transmisión de SDMA, la estación puede necesitar una antena de recepción activa más que sus $N_{ss,i}$ flujos espaciales asignados en la transmisión de SDMA, para tener, en potencia, una ganancia de prestaciones al utilizar el procedimiento de supresión de interferencia.

REQUISITOS DEL PREÁMBULO PARA DAR SOPORTE A LA SUPRESIÓN DE INTERFERENCIA

En la supresión de interferencia, una estación puede entrenarse para todos los flujos espaciales (p. ej., $N_{ss,tot}$) a los que pueda dar soporte. Por lo tanto, otras estaciones que no aplican la supresión de interferencia, pero que son parte de la misma transmisión de SDMA, deberían ser conscientes del hecho de que otra estación está realizando la supresión de interferencia. Porque cada estación necesita anticipar una señal de entrenamiento con una longitud correspondiente al número total de flujos espaciales para todas las estaciones.

Obsérvese que si ninguna de las estaciones realiza la supresión de interferencia, la hipótesis es que, para cada estación, el AP anula suficientemente las señales desde las otras estaciones. Como resultado, en la transmisión de SDMA, puede ser suficiente enviar un entrenamiento, a cada estación, que sea requerido para ayudar a la estación a detectar sus flujos espaciales asignados.

Si una estación da soporte a la supresión de interferencia, el entrenamiento para todas las estaciones puede ser igual al entrenamiento para la estación que da soporte a la supresión de interferencia. Por ejemplo, en el ejemplo presentado anteriormente, el entrenamiento para todas las estaciones debería ser de tres flujos espaciales. Por ejemplo, en el entrenamiento de la norma IEEE 802.11n, la pluralidad de campos de entrenamiento largos puede ser transmitida según se muestra en la siguiente tabla:

SS 1:	HT-LTF	-HT-LTF	HT-LTF	HT-LTF
SS 2:	HT-LTF	HT-LTF	-HT-LTF	HT-LTF
SS 3:	HT-LTF	HT-LTF	HT-LTF	-HT-LTF

Si la estación1 y la estación2 no están realizando la supresión de interferencia, necesitan conocer el número total de flujos espaciales y cuál(es) flujo(s) espacial(es) está(n) siendo asignado(s) a ellas para compensar la polaridad correcta de los HT-LTF. Obsérvese que, incluso aunque solamente un flujo espacial pueda ser “radiado” a cada una de las estaciones, la estación1 y la estación2 pueden recibir cuatro campos HT-LTF, debido al entrenamiento requerido para la estación3, que incluye tres flujos espaciales.

Para ciertos aspectos, cada estación (p. ej., la estación3) necesita aplicar la supresión de interferencia para poder detectar un campo de señal de múltiples flujos espaciales (es decir, un campo de señal específico de la estación) en

una transmisión de SDMA. Por lo tanto, los campos de señales específicas para la estación deberían ser transmitidos después de los campos de entrenamiento de múltiples usuarios.

Para ciertos aspectos, las estaciones deberían conocer el número total de flujos espaciales y los flujos espaciales que están asignadas a ellas, para poder reconocer la polaridad de campos de entrenamiento largos y / o para extraer por filtrado su(s) propio(s) flujo(s) espacial(es) durante la supresión de interferencia.

Para ciertos aspectos, la información acerca del número total de flujos espaciales y de los flujos asignados a cada estación puede ser transmitida mediante un paquete de señalización enviado antes de la transmisión de SDMA, o un campo de señal común. Este podría ser el VHT-SIG1 408 en la FIG. 4, o podría ser enviada a todas las estaciones en la parte de Omni-herencia 402 del preámbulo antes de la parte pre-codificada del preámbulo de la transmisión de SDMA.

Las diversas operaciones de los procedimientos descritos anteriormente pueden ser realizadas por cualquier medio adecuado, capaz de realizar las funciones correspondientes. Los medios pueden incluir diversos componentes y / o módulos de software, incluyendo, pero sin limitación, un circuito, un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC) o un procesador. En general, allí donde hay operaciones ilustradas en las Figuras, esas operaciones pueden tener componentes correspondientes de medios-más-funciones de contraparte con numeración similar. Por ejemplo, las operaciones 500, 600 y 700 ilustradas en las FIGs. 5, 6 y 7 corresponden a los componentes 500A, 600A y 700A ilustrados en las FIGs. 5A, 6A y 7A.

Según se usa en la presente memoria, el término “determinar” abarca una amplia variedad de acciones. Por ejemplo, “determinar” puede incluir calcular, computar, procesar, obtener, investigar, consultar (consultar en una tabla, una base de datos u otra estructura de datos), averiguar y similares. Además, “determinar” puede incluir recibir (p. ej., recibir información), acceder (p. ej., acceder a datos en una memoria) y similares. Además, “determinar” puede incluir resolver, seleccionar, escoger, establecer y similares.

Las diversas operaciones de procedimientos descritos anteriormente pueden ser realizadas por cualquier medio adecuado capaz de realizar las operaciones, tal como diversos componentes, circuitos y / o módulos de hardware y / o software. Generalmente, cualquier operación ilustrada en las Figuras puede ser realizada por los correspondientes medios funcionales capaces de realizar las operaciones.

Los diversos bloques lógicos, módulos y circuitos ilustrativos descritos con relación a la presente divulgación pueden ser implementados o realizados con un procesador de propósito general, un procesador de señales digitales (DSP), un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC), una señal de una formación de compuertas programables en el terreno (FPGA) u otro dispositivo lógico programable (PLD), compuerta discreta o lógica de transistor, componentes discretos de hardware o cualquier combinación de los mismos diseñada para realizar las funciones descritas en la presente memoria. Un procesador de propósito general puede ser un microprocesador pero, como alternativa, el procesador puede ser cualquier procesador, controlador, micro-controlador o máquina de estados comercialmente disponible. Un procesador también puede ser implementado como una combinación de dispositivos informáticos, p. ej., una combinación de un DSP y un microprocesador, una pluralidad de microprocesadores, uno o más microprocesadores conjuntamente con un núcleo de DSP, o cualquier otra configuración de ese tipo.

Las etapas de un procedimiento o algoritmo descrito con relación a la presente divulgación pueden ser realizadas 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 que sea conocido en la técnica. Algunos ejemplos de medios de almacenamiento que pueden ser usados incluyen la memoria de acceso aleatorio (RAM), la memoria de solo lectura (ROM), la memoria flash, la memoria EPROM, la memoria EEPROM, los registros, un disco rígido, un disco extraíble, un CD-ROM, etc. Un modulo de software puede comprender una única instrucción, o muchas instrucciones, y puede ser distribuido entre varios segmentos distintos de código, entre distintos programas y entre múltiples medios de almacenamiento. Un medio de almacenamiento puede estar acoplado a un procesador de modo que el procesador pueda leer información de, y escribir información en, el medio de almacenamiento. Como alternativa, el medio de almacenamiento puede estar integrado en el procesador.

Las funciones descritas pueden ser implementadas en hardware, software, firmware o cualquier combinación de los mismos. Si se implementan en software, las funciones pueden ser almacenadas como una o más instrucciones en un medio legible por ordenador. Un medio de almacenamiento puede ser cualquier medio disponible al que pueda acceder un ordenador. A modo de ejemplo, y no de limitación, tales medios legibles por ordenador pueden comprender RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM u otro almacenamiento de disco óptico, almacenamiento de disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio que pueda ser usado para llevar o almacenar el código de programa deseado en forma de instrucciones o estructuras de datos, y a los que pueda acceder un ordenador. Los discos, según se usan en la presente memoria, incluyen el disco compacto (CD), el disco láser, el disco óptico, el disco versátil digital (DVD), el disco flexible y el disco Blu-ray®, donde algunos discos reproducen usualmente los datos en forma magnética, mientras que otros discos reproducen los datos ópticamente con láseres.

Por tanto, ciertos aspectos pueden comprender un producto de programa informático para realizar las operaciones presentadas en la presente memoria. Por ejemplo, un producto de programa informático de ese tipo puede comprender un medio legible por ordenador con instrucciones almacenadas (y / o codificadas) en el mismo, siendo las instrucciones ejecutables por uno o más procesadores para realizar las operaciones descritas en la presente memoria. Para ciertos aspectos, el producto de programa informático puede incluir material de embalaje.

El software o las instrucciones también pueden ser transmitidos por un medio de transmisión. Por ejemplo, si el software es transmitido desde una sede de la Red, un servidor u otro origen remoto usando un cable coaxial, un cable de fibra óptica, un par cruzado, una línea de abonado digital (DSL) o tecnologías inalámbricas tales como los infrarrojos, la radio y las microondas, entonces el cable coaxial, el cable de fibra óptica, el par cruzado, la DSL o las tecnologías inalámbricas tales como los infrarrojos, la radio y las microondas están incluidos en la definición de medio de transmisión.

Además, debería apreciarse que los módulos y / u otros medios adecuados para realizar los procedimientos y técnicas descritos en la presente memoria pueden ser descargados y / u obtenidos de otro modo por un terminal de usuario y / o un AP, según corresponda. Por ejemplo, un dispositivo de ese tipo puede ser acoplado a un servidor para facilitar la transferencia de medios para realizar los procedimientos descritos en la presente memoria. Como alternativa, diversos procedimientos descritos en la presente memoria pueden ser proporcionados mediante medios de almacenamiento (p. ej., RAM, ROM, un medio de almacenamiento físico tal como un disco compacto (CD) o un disco flexible, etc.), de modo que un terminal de usuario y / o una estación base puedan obtener los diversos procedimientos al acoplarse o proporcionar los medios de almacenamiento al dispositivo. Además, puede ser utilizada cualquier otra técnica adecuada para proporcionar los procedimientos y técnicas descritos en la presente memoria a un dispositivo.

Ha de entenderse que las reivindicaciones no están limitadas a la configuración y componentes precisos ilustrados anteriormente. Pueden ser hechos diversas modificaciones, cambios y variaciones en la disposición, el funcionamiento y los detalles de los procedimientos y aparatos descritos anteriormente sin apartarse del ámbito de las reivindicaciones.

Las técnicas proporcionadas en la presente memoria pueden ser utilizadas en una amplia variedad de aplicaciones. Para ciertos aspectos, las técnicas presentadas en la presente memoria pueden ser incorporadas en una estación de punto de acceso, un terminal de acceso, un equipo móvil de mano u otro tipo de dispositivo inalámbrico con lógica de procesamiento y elementos para realizar las técnicas proporcionadas en la presente memoria.

Si bien lo que antecede está orientado a aspectos de la presente divulgación, otros, y adicionales, aspectos de la divulgación pueden ser ideados sin apartarse del ámbito básico de la misma, y el ámbito de la misma está determinado por las reivindicaciones siguientes.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para comunicaciones inalámbricas, que comprende:

recibir una señal de transmisión de acceso múltiple por división espacial, SDMA, en un receptor que tiene más antenas de recepción que un número de flujos espaciales dirigidos al receptor en dicha señal de transmisión de SDMA, siendo generada la señal por un transmisor y comprendiendo una pluralidad de flujos espaciales concebidos para una pluralidad de receptores, siendo el número de flujos espaciales dirigidos al receptor, en dicha señal de transmisión de SDMA, un subconjunto de dicha pluralidad de flujos espaciales, y

realizar, en base a uno o más campos de entrenamiento de la señal recibida por cada una de las antenas, dicha supresión de interferencia para eliminar la interferencia provocada por uno o más de los flujos espaciales concebidos para otros receptores de dicha pluralidad de receptores, en donde los campos de entrenamiento son utilizados para estimar canales de los flujos espaciales concebidos para los otros receptores, en donde dichos uno o más campos de entrenamiento son campos de entrenamiento largos, LTF, de transmisiones de MIMO de la norma IEEE 802,

en el que el número de los LTF está incluido en la señal de transmisión de SDMA, y dicho número indica a los otros receptores, entre la pluralidad de receptores, el hecho de que el receptor está realizando dicha supresión de interferencia.

2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la señal comprende información acerca de al menos uno entre un número máximo de los flujos espaciales, o información acerca de flujos espaciales concebidos para cada uno de los receptores.

3. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además:

recibir información acerca de al menos uno entre un número máximo de los flujos espaciales, o información acerca de los flujos espaciales concebidos para cada uno de los receptores, en un paquete antes de la recepción de la señal.

4. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además:

descodificar uno o más flujos espaciales, concebidos para el receptor, usando el conocimiento acerca de los flujos espaciales concebidos para los otros receptores, obtenido al realizar la supresión de interferencia.

5. Un aparato para comunicaciones inalámbricas, que comprende:

medios para recibir una señal de transmisión de acceso múltiple por división espacial, SDMA, en el aparato que tiene más antenas de recepción que un número de flujos espaciales dirigidos al aparato en dicha señal de transmisión de SDMA, siendo generada la señal por un transmisor, y comprendiendo una pluralidad de flujos espaciales concebidos para una pluralidad de aparatos, siendo el número de flujos espaciales dirigidos al aparato en dicha señal de transmisión de SDMA un subconjunto de dicha pluralidad de flujos espaciales; y

medios para realizar, en base a uno o más campos de entrenamiento de la señal recibida por cada una de las antenas, dicha supresión de interferencia para eliminar la interferencia provocada por uno o más de los flujos espaciales concebidos para otros aparatos entre dicha pluralidad de aparatos, en donde los campos de entrenamiento son utilizados para estimar canales de los flujos espaciales concebidos para los otros aparatos, en donde dichos uno o más campos de entrenamiento son campos de entrenamiento largos, LTF, de transmisiones de MIMO de la norma IEEE 802, en donde el número de los LTF está incluido en la señal de transmisión de SDMA y dicho número indica a los otros aparatos entre la pluralidad de aparatos el hecho de que el receptor está realizando dicha supresión de interferencia.

6. El aparato de la reivindicación 5, en el que la señal comprende información acerca de al menos uno entre un número máximo de los flujos espaciales, o información acerca de los flujos espaciales concebidos para cada uno de los otros aparatos.

7. El aparato de la reivindicación 5, en el que los medios para recibir están adicionalmente configurados para:

recibir información acerca de al menos uno entre un número máximo de los flujos espaciales, o información acerca de los flujos espaciales concebidos para cada uno de los otros aparatos, en un paquete antes de la recepción de la señal.

8. El aparato de la reivindicación 5, que comprende además:

medios para descodificar uno o más flujos espaciales concebidos para el aparato, usando el conocimiento acerca de los flujos espaciales concebidos para los otros aparatos, obtenido al realizar la supresión de interferencia.

9. El aparato de la reivindicación 5 o el procedimiento de la reivindicación 1, en el que:

la señal comprende uno o más LTF, y

un cierto número de los LTF es suficiente para entrenar toda la pluralidad de flujos especiales para todos los otros aparatos.

10. El aparato o el procedimiento de la reivindicación 9, en el que:

los LTF están seguidos por un campo de señal de muy alto caudal, VHT-SIG, de la señal, y

el campo VHT-SIG comprende información acerca de al menos uno entre un tipo de modulación, una tasa de codificación y una longitud de un paquete de transmisión asociado a cada uno de los otros aparatos.

11. El aparato o el procedimiento de la reivindicación 9, en el que:

un conjunto de los LTF es precedido por un campo de señal de muy alto caudal, VHT-SIG, de la señal, y

el campo VHT-SIG comprende información acerca de un cierto número de los LTF procedentes del conjunto y acerca de cuál, entre la pluralidad de flujos espaciales, está asignado a cuál de los otros aparatos.

12. Un producto de programa informático para comunicaciones inalámbricas, que comprende un medio legible por ordenador que comprende instrucciones ejecutables para llevar a cabo las etapas de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 o 9 a 11.

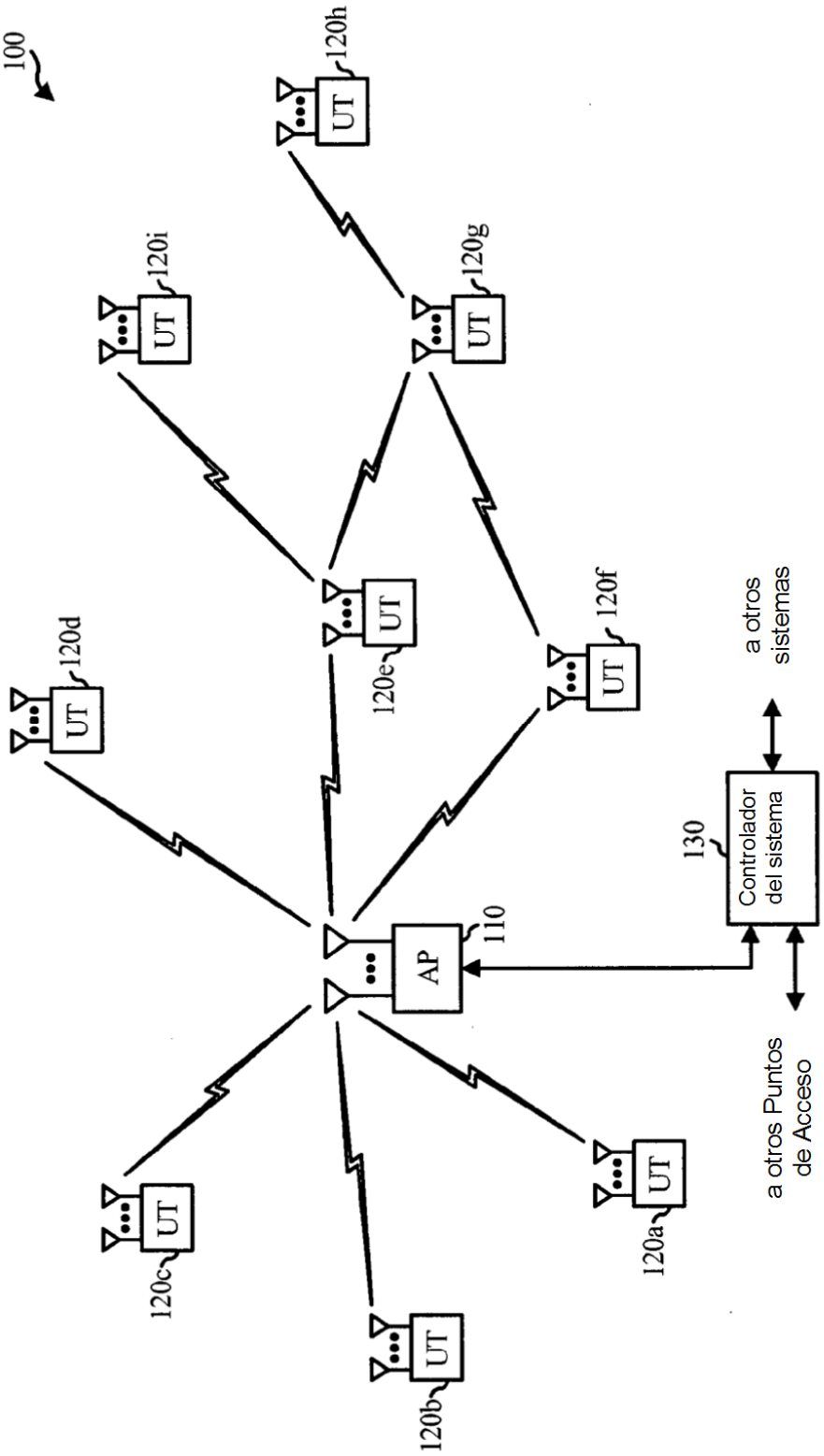
100
120h
UT
120i
UT
120g
UT
120d
UT
120e
UT
120f
UT
AP
110
130
Controlador del sistema
a otros sistemas
a otros Puntos de Acceso
120c
UT
120b
UT
120a
UT

FIG. 1

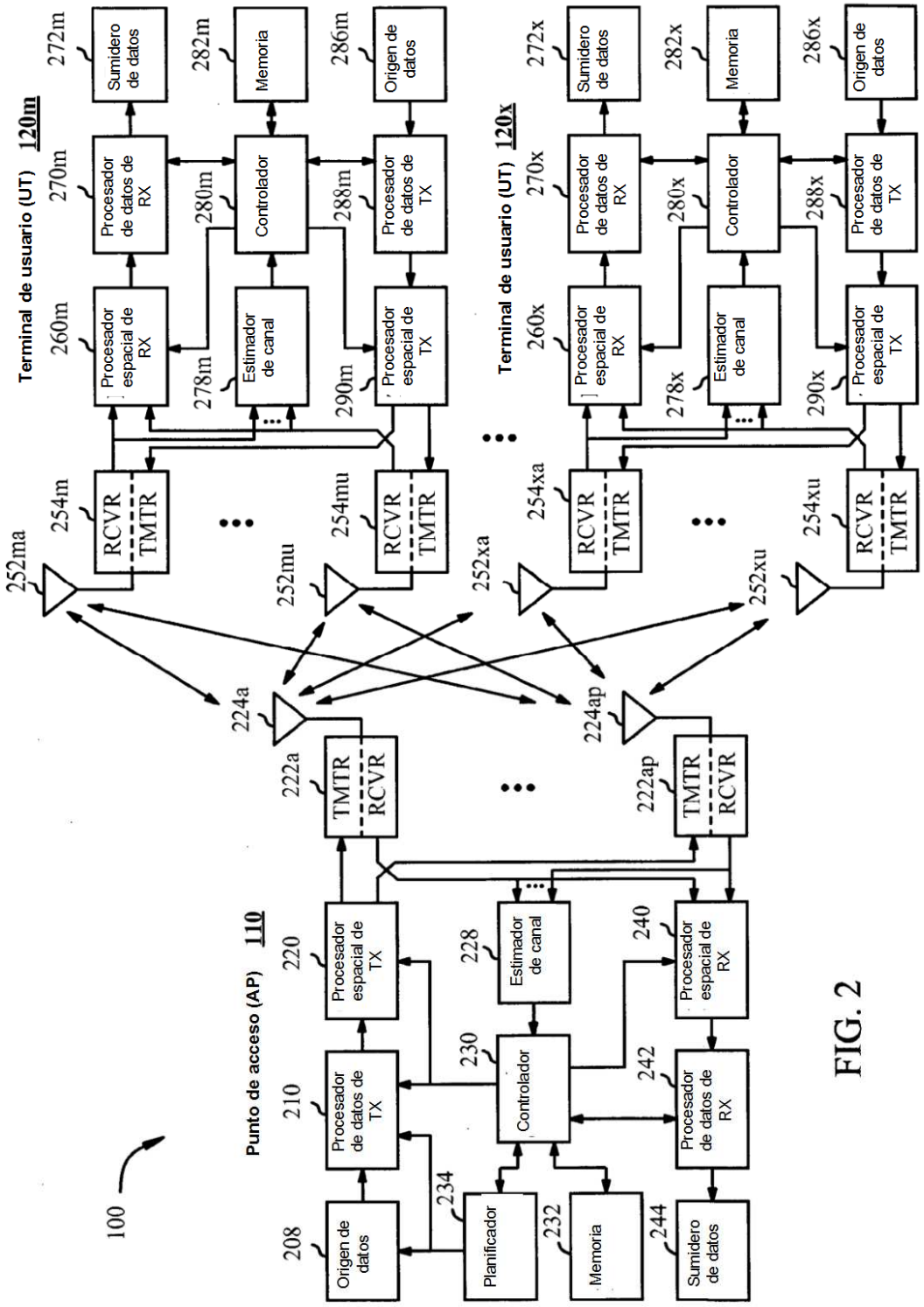
100
Punto de acceso (AP) 110
208 Origen de datos
210 Procesador de datos de TX
220 Procesador espacial de TX
222a TMTR RCVR
222ap TMTR RCVR
224a
224ap
228 Estimador de canal
230 Controlador
232 Memoria
234 Planificador
240 Procesador espacial de RX
242 Procesador de datos de RX
244 Sumidero de datos
Terminal de usuario (UT) 120m
252ma
252mu
254m RCVR TMTR
254mu RCVR TMTR
260m Procesador espacial de RX
270m Procesador de datos de RX
272m Sumidero de datos
278m Estimador de canal
280m Controlador
282m Memoria
288m Procesador de datos de TX
290m Procesador espacial de TX
286m Origen de datos
Terminal de usuario (UT) 120x
252xa
252xu
254xa RCVR TMTR
254xu RCVR TMTR
260x Procesador espacial de RX
270x Procesador de datos de RX
272x Sumidero de datos
278x Estimador de canal
280x Controlador
282x Memoria
288x Procesador de datos de TX
290x Procesador espacial de TX
286x Origen de datos

FIG. 2

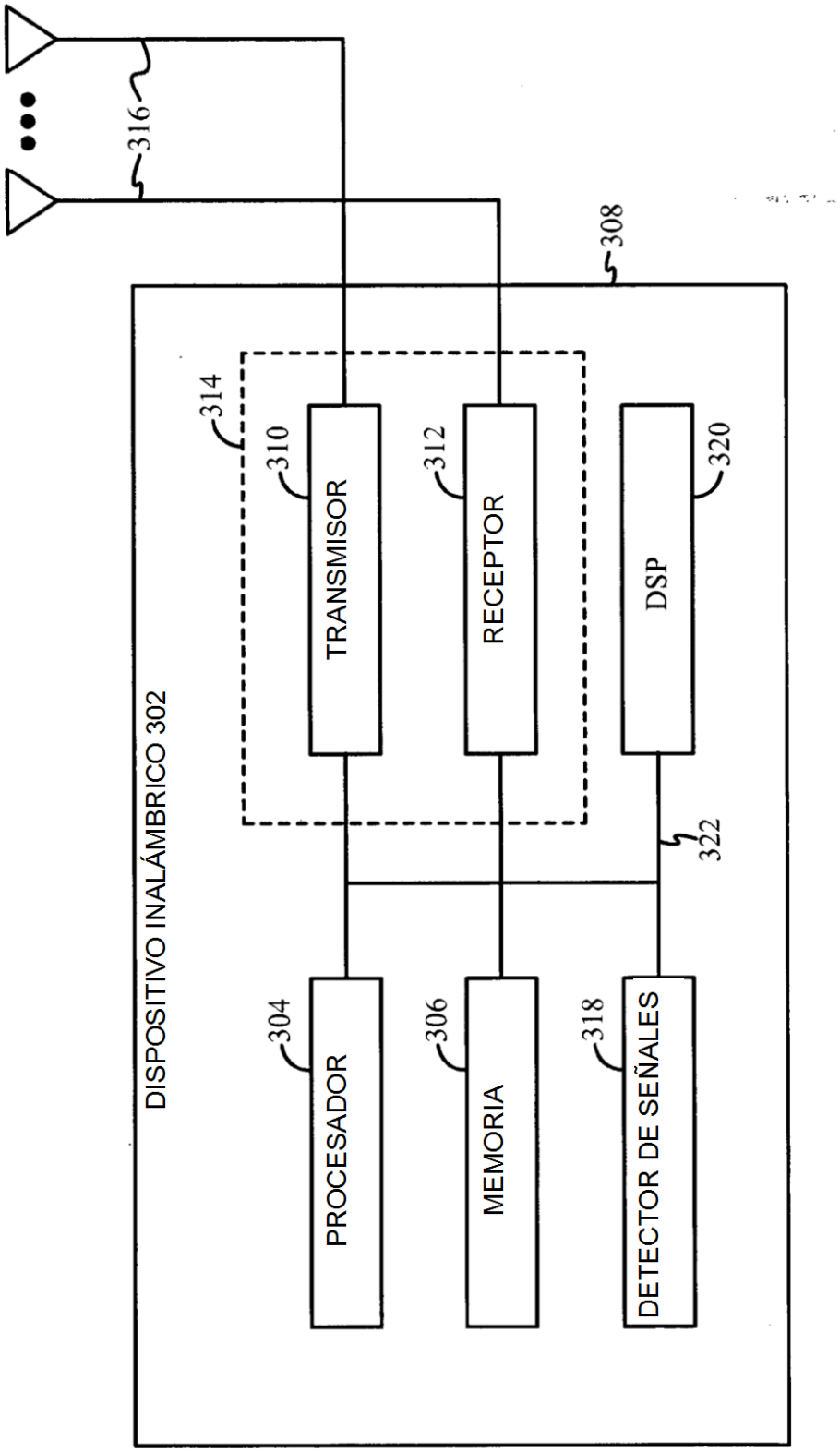
316
308
DISPOSITIVO INALÁMBRICO 302
314
310
TRANSMISOR
312
RECEPTOR
320
DSP
322
304
PROCESADOR
306
MEMORIA
318
DETECTOR DE SEÑALES

FIG. 3

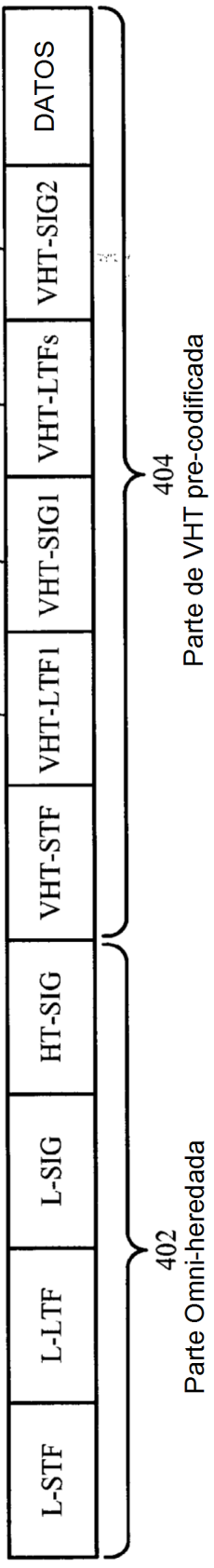
L-STF
L-LTF
L-SIG
HT-SIG
VHT-STF
VHT-LTF1
VHT-SIG1
VHT-LTFs
VHT-SIG2
DATOS
412
408
406
410
402
Parte Omni-heredada
404
Parte de VHT pre-codificada

FIG. 4

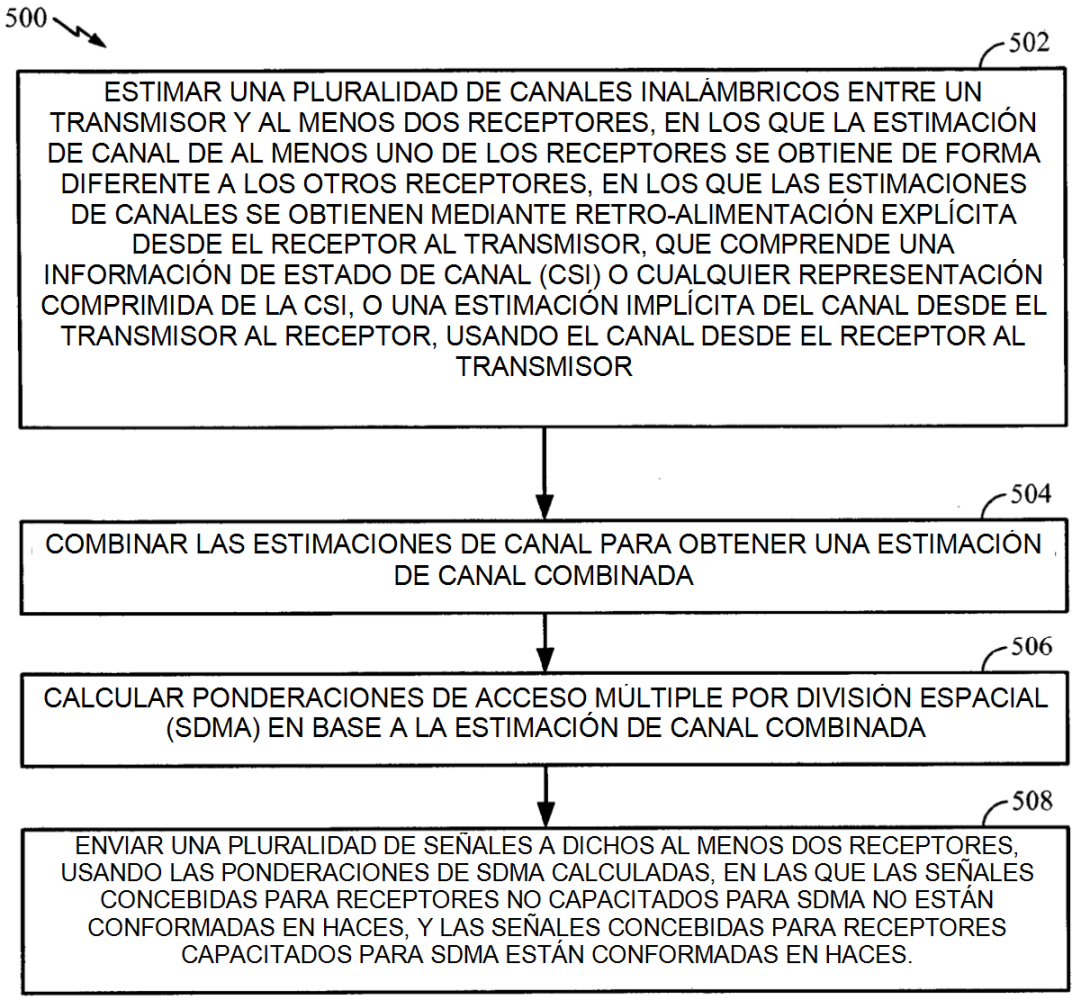
500
502
ESTIMAR UNA PLURALIDAD DE CANALES INALÁMBRICOS ENTRE UN TRANSMISOR Y AL MENOS DOS RECEPTORES, EN LOS QUE LA ESTIMACIÓN DE CANAL DE AL MENOS UNO DE LOS RECEPTORES SE OBTIENE DE FORMA DIFERENTE A LOS OTROS RECEPTORES, EN LOS QUE LAS ESTIMACIONES DE CANALES SE OBTIENEN MEDIANTE RETRO-ALIMENTACIÓN EXPLÍCITA DESDE EL RECEPTOR AL TRANSMISOR, QUE COMPRENDE UNA INFORMACIÓN DE ESTADO DE CANAL (CSI) O CUALQUIER REPRESENTACIÓN COMPRIMIDA DE LA CSI, O UNA ESTIMACIÓN IMPLÍCITA DEL CANAL DESDE EL TRANSMISOR AL RECEPTOR, USANDO EL CANAL DESDE EL RECEPTOR AL TRANSMISOR
504
COMBINAR LAS ESTIMACIONES DE CANAL PARA OBTENER UNA ESTIMACIÓN DE CANAL COMBINADA
506
CALCULAR PONDERACIONES DE ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN ESPACIAL (SDMA) EN BASE A LA ESTIMACIÓN DE CANAL COMBINADA
508
ENVIAR UNA PLURALIDAD DE SEÑALES A DICHOS AL MENOS DOS RECEPTORES, USANDO LAS PONDERACIONES DE SDMA CALCULADAS, EN LAS QUE LAS SEÑALES CONCEBIDAS PARA RECEPTORES NO CAPACITADOS PARA SDMA NO ESTÁN CONFORMADAS EN HACES, Y LAS SEÑALES CONCEBIDAS PARA RECEPTORES CAPACITADOS PARA SDMA ESTÁN CONFORMADAS EN HACES.

FIG. 5

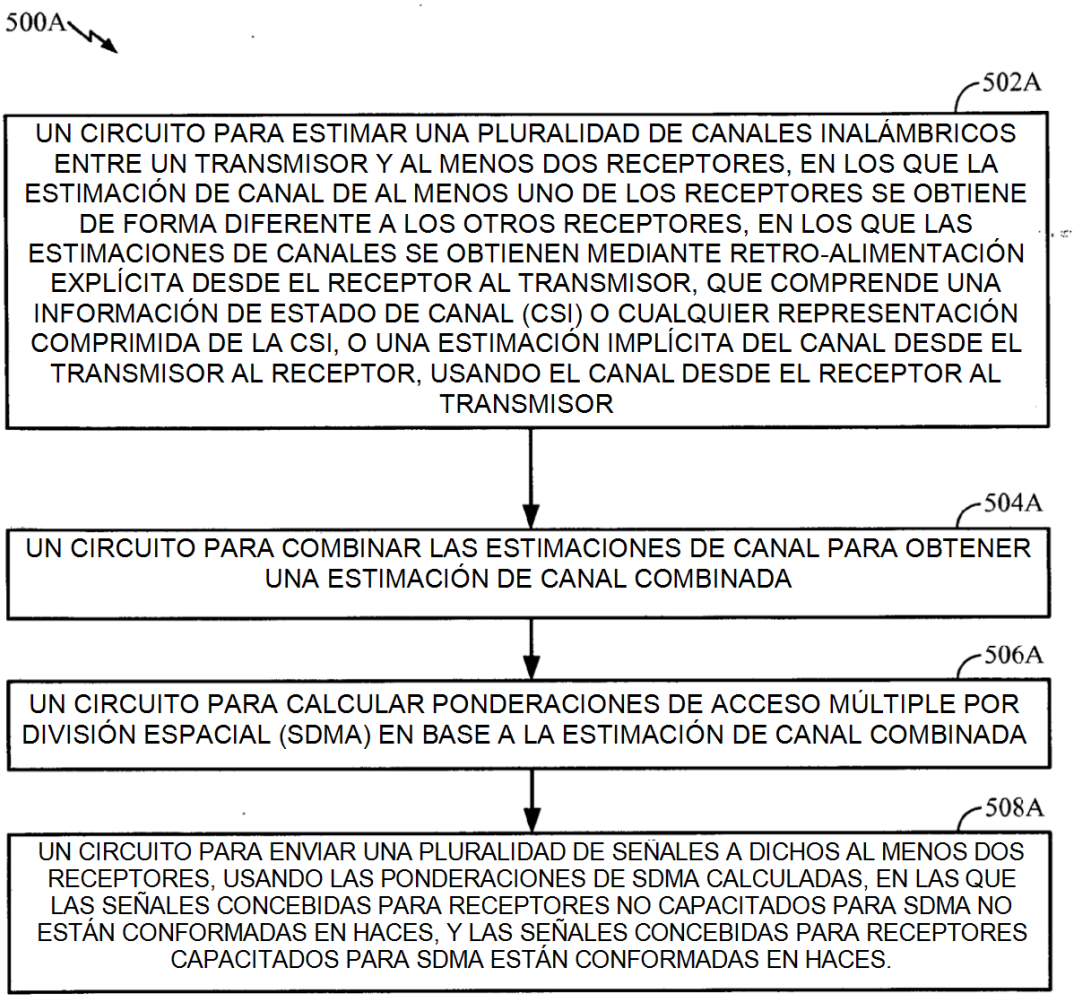
500A
502A
UN CIRCUITO PARA ESTIMAR UNA PLURALIDAD DE CANALES INALÁMBRICOS ENTRE UN TRANSMISOR Y AL MENOS DOS RECEPTORES, EN LOS QUE LA ESTIMACIÓN DE CANAL DE AL MENOS UNO DE LOS RECEPTORES SE OBTIENE DE FORMA DIFERENTE A LOS OTROS RECEPTORES, EN LOS QUE LAS ESTIMACIONES DE CANALES SE OBTIENEN MEDIANTE RETRO-ALIMENTACIÓN EXPLÍCITA DESDE EL RECEPTOR AL TRANSMISOR, QUE COMPRENDE UNA INFORMACIÓN DE ESTADO DE CANAL (CSI) O CUALQUIER REPRESENTACIÓN COMPRIMIDA DE LA CSI, O UNA ESTIMACIÓN IMPLÍCITA DEL CANAL DESDE EL TRANSMISOR AL RECEPTOR, USANDO EL CANAL DESDE EL RECEPTOR AL TRANSMISOR
504A
UN CIRCUITO PARA COMBINAR LAS ESTIMACIONES DE CANAL PARA OBTENER UNA ESTIMACIÓN DE CANAL COMBINADA
506A
UN CIRCUITO PARA CALCULAR PONDERACIONES DE ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN ESPACIAL (SDMA) EN BASE A LA ESTIMACIÓN DE CANAL COMBINADA
508A
UN CIRCUITO PARA ENVIAR UNA PLURALIDAD DE SEÑALES A DICHOS AL MENOS DOS RECEPTORES, USANDO LAS PONDERACIONES DE SDMA CALCULADAS, EN LAS QUE LAS SEÑALES CONCEBIDAS PARA RECEPTORES NO CAPACITADOS PARA SDMA NO ESTÁN CONFORMADAS EN HACES, Y LAS SEÑALES CONCEBIDAS PARA RECEPTORES CAPACITADOS PARA SDMA ESTÁN CONFORMADAS EN HACES.

FIG. 5A

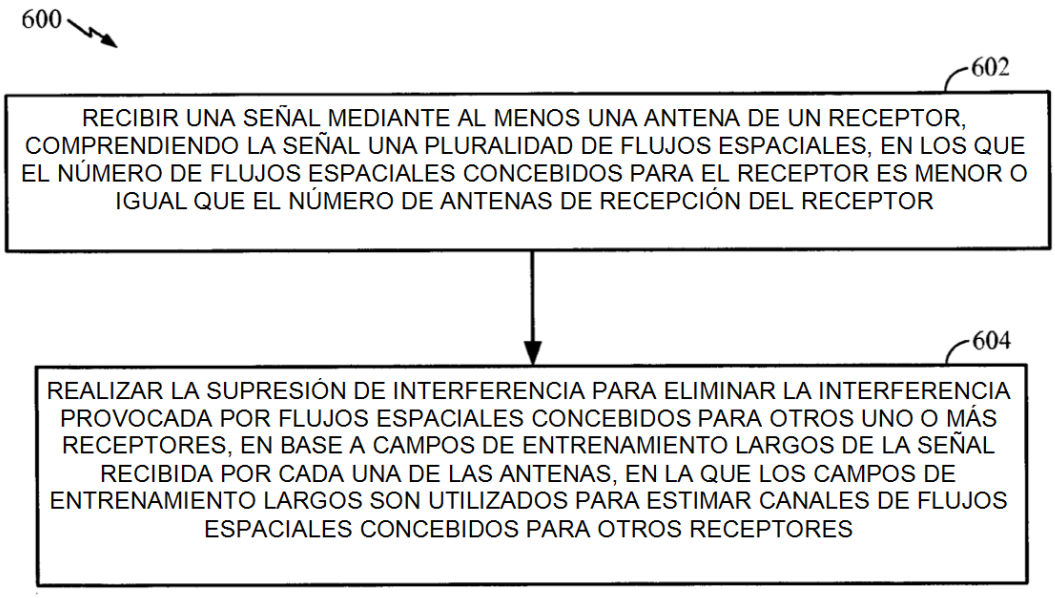
600
602
RECIBIR UNA SEÑAL MEDIANTE AL MENOS UNA ANTENA DE UN RECEPTOR, COMPRENDIENDO LA SEÑAL UNA PLURALIDAD DE FLUJOS ESPACIALES, EN LOS QUE EL NÚMERO DE FLUJOS ESPACIALES CONCEBIDOS PARA EL RECEPTOR ES MENOR O IGUAL QUE EL NÚMERO DE ANTENAS DE RECEPCIÓN DEL RECEPTOR
604
REALIZAR LA SUPRESIÓN DE INTERFERENCIA PARA ELIMINAR LA INTERFERENCIA PROVOCADA POR FLUJOS ESPACIALES CONCEBIDOS PARA OTROS UNO O MÁS RECEPTORES, EN BASE A CAMPOS DE ENTRENAMIENTO LARGOS DE LA SEÑAL RECIBIDA POR CADA UNA DE LAS ANTENAS, EN LA QUE LOS CAMPOS DE ENTRENAMIENTO LARGOS SON UTILIZADOS PARA ESTIMAR CANALES DE FLUJOS ESPACIALES CONCEBIDOS PARA OTROS RECEPTORES

FIG. 6

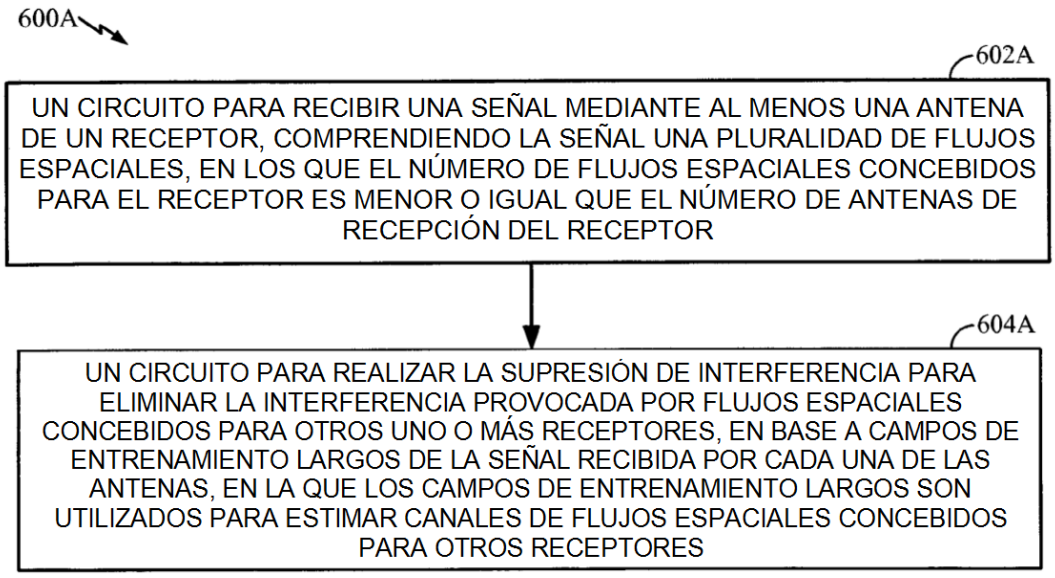
600A
602A
UN CIRCUITO PARA RECIBIR UNA SEÑAL MEDIANTE AL MENOS UNA ANTENA DE UN RECEPTOR, COMPRENDIENDO LA SEÑAL UNA PLURALIDAD DE FLUJOS ESPACIALES, EN LOS QUE EL NÚMERO DE FLUJOS ESPACIALES CONCEBIDOS PARA EL RECEPTOR ES MENOR O IGUAL QUE EL NÚMERO DE ANTENAS DE RECEPCIÓN DEL RECEPTOR
604A
UN CIRCUITO PARA REALIZAR LA SUPRESIÓN DE INTERFERENCIA PARA ELIMINAR LA INTERFERENCIA PROVOCADA POR FLUJOS ESPACIALES CONCEBIDOS PARA OTROS UNO O MÁS RECEPTORES, EN BASE A CAMPOS DE ENTRENAMIENTO LARGOS DE LA SEÑAL RECIBIDA POR CADA UNA DE LAS ANTENAS, EN LA QUE LOS CAMPOS DE ENTRENAMIENTO LARGOS SON UTILIZADOS PARA ESTIMAR CANALES DE FLUJOS ESPACIALES CONCEBIDOS PARA OTROS RECEPTORES

FIG. 6A

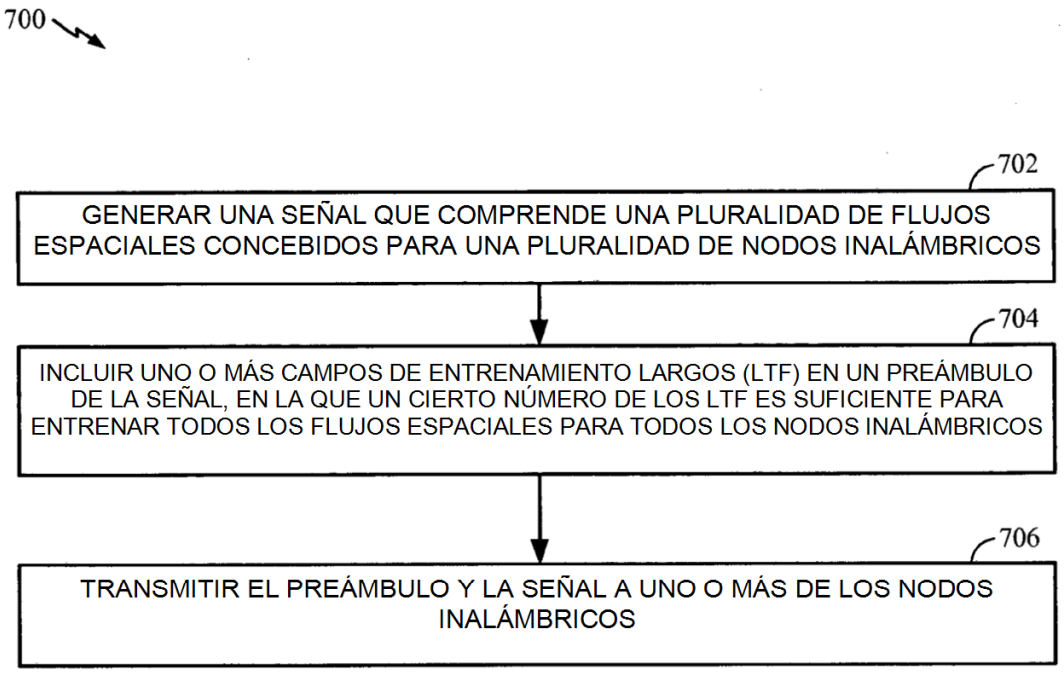
700
702
GENERAR UNA SEÑAL QUE COMPRENDE UNA PLURALIDAD DE FLUJOS ESPACIALES CONCEBIDOS PARA UNA PLURALIDAD DE NODOS INALÁMBRICOS
704
INCLUIR UNO O MÁS CAMPOS DE ENTRENAMIENTO LARGOS (LTF) EN UN PREÁMBULO DE LA SEÑAL, EN LA QUE UN CIERTO NÚMERO DE LOS LTF ES SUFICIENTE PARA ENTRENAR TODOS LOS FLUJOS ESPACIALES PARA TODOS LOS NODOS INALÁMBRICOS
706
TRANSMITIR EL PREÁMBULO Y LA SEÑAL A UNO O MÁS DE LOS NODOS INALÁMBRICOS

FIG. 7

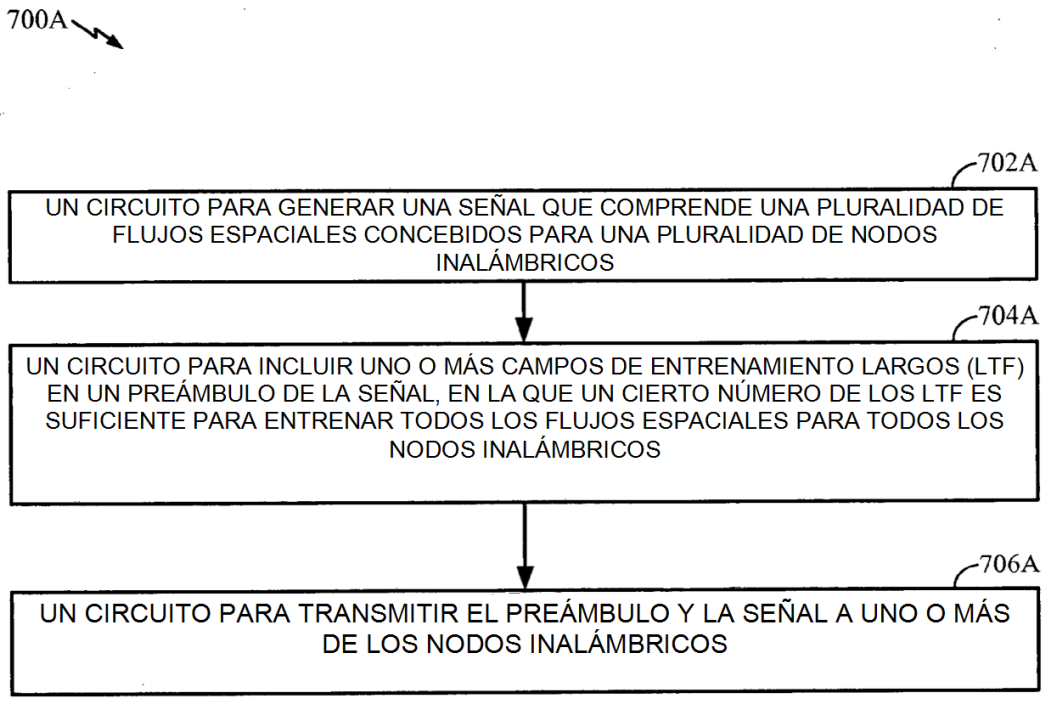
700A
702A
UN CIRCUITO PARA GENERAR UNA SEÑAL QUE COMPRENDE UNA PLURALIDAD DE FLUJOS ESPACIALES CONCEBIDOS PARA UNA PLURALIDAD DE NODOS INALÁMBRICOS
704A
UN CIRCUITO PARA INCLUIR UNO O MÁS CAMPOS DE ENTRENAMIENTO LARGOS (LTF) EN UN PREÁMBULO DE LA SEÑAL, EN LA QUE UN CIERTO NÚMERO DE LOS LTF ES SUFICIENTE PARA ENTRENAR TODOS LOS FLUJOS ESPACIALES PARA TODOS LOS NODOS INALÁMBRICOS
706A
UN CIRCUITO PARA TRANSMITIR EL PREÁMBULO Y LA SEÑAL A UNO O MÁS DE LOS NODOS INALÁMBRICOS

FIG. 7A