

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 556 129**

51 Int. Cl.:

H04L 1/00 (2006.01)

H04B 7/04 (2006.01)

H04B 7/06 (2006.01)

H04L 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.03.2007 E 07758841 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.10.2015 EP 1997255**

54 Título: **Agrupamiento de usuarios para transmisión MIMO en un sistema de comunicación inalámbrica**

30 Prioridad:

20.03.2006 US 784837 P

24.03.2006 US 785601 P

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

13.01.2016

73 Titular/es:

**QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)
ATTN: INTERNATIONAL IP ADMINISTRATION
5775 MOREHOUSE DRIVE
SAN DIEGO, CA 92121, US**

72 Inventor/es:

**KIM, BYOUNG-HOON y
MALLADI, DURGA PRASAD**

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 556 129 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Agrupamiento de usuarios para transmisión MIMO en un sistema de comunicación inalámbrica

5 ANTECEDENTES

I. Campo

10 La presente divulgación se refiere en general a las comunicaciones y, más específicamente, a la transmisión de datos en un sistema de comunicación inalámbrica.

II. Antecedentes

15 Los sistemas de comunicación inalámbrica están ampliamente desplegados para proporcionar diversos servicios de comunicación tales como voz, datos en paquetes, difusión, mensajería, etc. Estos sistemas pueden ser sistemas de acceso múltiple con capacidad para soportar comunicación para múltiples usuarios compartiendo los recursos del sistema disponibles, por ejemplo, el ancho de banda y la potencia de transmisión. Los ejemplos de tales sistemas de acceso múltiple incluyen sistemas de acceso múltiple por división de código (CDMA), sistemas de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), sistemas de acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) y sistemas de acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal (OFDMA).

20 Un sistema inalámbrico de acceso múltiple incluye Nodos B (o estaciones base) que pueden establecer comunicación con equipos de usuario (UE). Cada UE puede establecer comunicación con uno o más Nodos B a través de transmisiones en el enlace descendente y enlace ascendente. El enlace descendente (o enlace directo) se refiere al enlace de comunicación desde el Nodo B hasta los UE, y el enlace ascendente (o enlace inverso) se refiere al enlace de comunicación desde el UE hasta el Nodo B.

25 Un sistema inalámbrico de acceso múltiple puede soportar una transmisión de múltiple entrada múltiple salida (MIMO) en el enlace descendente y/o el enlace ascendente. En el enlace descendente, un Nodo B puede enviar una transmisión MIMO desde múltiples antenas de transmisión (T) en el Nodo B a múltiples antenas de recepción (R) en uno o más UE. Un canal MIMO formado por las T antenas de transmisión y R antenas de recepción se puede descomponer en C canales espaciales, donde $C \leq \min \{T, R\}$. Cada uno de los C canales espaciales corresponde a una dimensión. Puede conseguirse un mejor rendimiento (por ejemplo, mayor producción y/o mayor fiabilidad) explotando las dimensionalidades adicionales creadas por las múltiples antenas de transmisión y recepción.

30 Por lo tanto, existe la necesidad en la técnica de técnicas para soportar de forma eficiente la transmisión MIMO en un sistema inalámbrico de acceso múltiple.

35 Se llama la atención con respecto al documento US 2005/0043031 A1, que se refiere a un sistema de comunicación por radio multiusuario de entrada múltiple - salida múltiple (MIMO), en el que un transmisor recibe la información de calidad de canal transmitida desde los receptores, programa recursos para los receptores dentro de una época de programación correspondiente basándose en la información de calidad de canal recibida. Posteriormente, el transmisor codifica previamente las señales que se van a transmitir a los receptores programados de recursos en un procedimiento de codificación predeterminado antes de la transmisión, maximizando de este modo la eficiencia de transmisión del sistema.

SUMARIO

40 De acuerdo con la presente invención, se proporcionan un procedimiento y un aparato para el agrupamiento de equipos de usuario, UE, para una transmisión de múltiple entrada-múltiple salida, MIMO, en un sistema de comunicación inalámbrica, como se expone en las reivindicaciones 1, 13, 4 y 14, respectivamente. Unas realizaciones adicionales se reivindican en las reivindicaciones dependientes.

45 En el presente documento se describen técnicas para soportar una transmisión MIMO con respecto a un único UE o usuario, así como a múltiples UE. En un aspecto, los UE se clasifican en una pluralidad de grupos que comprenden un primer grupo y un segundo grupo. El primer grupo puede incluir los UE que se van a programar de forma individual. El segundo grupo puede incluir los UE que pueden programarse juntos. La clasificación de los UE se puede basar en diversos criterios tales como, por ejemplo, el número de antenas en un UE y el número de antenas en un Nodo B, la carga en el Nodo B, los requisitos de datos de los UE, las estadísticas de canal a largo plazo, el número de los UE, etc. La clasificación puede ser semiestática. Se pueden detectar cambios en las condiciones operativas, y los UE pueden ser reclasificados basándose en los cambios detectados. Un UE único puede seleccionarse a la vez a partir del primer grupo para una transmisión MIMO, por ejemplo, en un recurso de frecuencia determinado. Pueden seleccionarse múltiples UE a la vez a partir del segundo grupo para una transmisión MIMO, por ejemplo, en el recurso de frecuencia determinado. Una transmisión MIMO puede enviarse a un UE único en el primer grupo o múltiples UE en el segundo grupo, por ejemplo, en el recurso de frecuencia determinado usando una o más columnas de una matriz de precodificación seleccionada por el UE o los UE o

reconstruida por el Nodo B basándose en matrices y/o columnas seleccionadas por el UE o los UE.

En otro aspecto, la información del indicador de calidad de canal (CQI) se interpreta basándose en la clasificación del UE. La información CQI recibida desde los UE en el primer grupo puede interpretarse de acuerdo con una primera interpretación, por ejemplo, distribuyéndose la potencia de transmisión total en el Nodo B a través de un número seleccionado de flujos de datos y/o usándose una cancelación de interferencia sucesiva (SIC) por los UE. La información CQI recibida desde los UE en el segundo grupo puede interpretarse de acuerdo con una segunda interpretación, por ejemplo, distribuyéndose la potencia de transmisión total por un número máximo de flujos de datos y/o sin SIC. Las velocidades para la transmisión MIMO a uno o más UE se seleccionan basándose en la interpretación de la información CQI recibida desde los UE.

También se describen en más detalle a continuación diversos aspectos y características de la divulgación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La FIG. 1 muestra un sistema de comunicación de acceso múltiple inalámbrico.

La FIG. 2 muestra un diagrama de bloques de un Nodo B y dos UE.

La FIG. 3 muestra un proceso para clasificar los UE y transmitir datos a los UE.

La FIG. 4 muestra un aparato para clasificar los UE y transmitir datos a los UE.

La FIG. 5 muestra un proceso para interpretar la información CQI de los UE.

La FIG. 6 muestra un aparato para interpretar la información CQI de los UE.

La FIG. 7 muestra un proceso realizado por un UE.

La FIG. 8 muestra un aparato para un UE.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La FIG. 1 muestra un sistema de comunicación de acceso múltiple inalámbrico 100 con múltiples Nodos B 110. Un Nodo B generalmente es una estación fija que establece comunicación con los UE y también puede denominarse como una estación base, un punto de acceso, un Nodo B mejorado B (eNodo B), etc. Cada Nodo B 110 proporciona cobertura de comunicación para un área geográfica particular. El término "célula" puede referirse a un Nodo B y/o a su área de cobertura, dependiendo del contexto en el que se use el término. Para mejorar la capacidad del sistema, el área de cobertura de un Nodo B se puede dividir en múltiples áreas más pequeñas, por ejemplo, tres áreas más pequeñas. Cada área más pequeña puede recibir servicio por un subsistema de transceptor base respectivo (BTS). El término "sector" puede referirse a un BTS y/o a su área de cobertura, dependiendo del contexto en el que se use el término. Para una célula sectorizada, los BTS para todos los sectores de esa célula típicamente se co-ubican dentro del Nodo B para la célula.

Los UE 120 se pueden dispersar por todo el sistema. Un UE puede ser móvil o estacionario y también puede denominarse como una estación móvil (MS), un equipo móvil (ME), un terminal, un terminal de acceso (AT), una estación (STA), etc. Un UE puede ser un teléfono móvil, un asistente digital personal (PDA), un módem inalámbrico, un dispositivo de comunicación inalámbrica, una unidad de suscriptor, etc. Los términos "UE" y "usuario" se pueden usar de forma intercambiable.

Un controlador de sistema 130 puede acoplarse a los Nodos B 110 y proporcionar coordinación y control para estos Nodos B. El controlador de sistema 130 puede ser una única entidad de red o un conjunto de entidades de red.

La FIG. 2 muestra un diagrama de bloques de un Nodo B 110 y dos UE 120x y 120y en el sistema 100. El Nodo B 110 está equipado con múltiples ($T > 1$) antenas 234a a 234t. El UE 120x está equipado con una única ($R = 1$) antena 252x. El UE 120y está equipado con múltiples ($R > 1$) antenas 252a a 252r. Cada antena puede ser una antena física o un conjunto de antenas. Por simplicidad, la FIG. 2 muestra únicamente las unidades de procesamiento para la transmisión de datos en el enlace descendente y la transmisión de señalización en el enlace ascendente.

En el Nodo B 110, un procesador de datos de transmisión (TX) 220 recibe datos de tráfico desde una fuente de datos 212 para uno o más UE que están recibiendo servicio. El procesador 220 procesa (por ejemplo, formatea, codifica, intercala y mapea en símbolos) los datos de tráfico y genera símbolos de datos. El procesador 220 también genera y multiplexa símbolos piloto con los símbolos de datos. Como se usa en el presente documento, un símbolo de datos es un símbolo para datos, un símbolo piloto es un símbolo para piloto, y un símbolo típicamente es un valor complejo. Los símbolos de datos y los símbolos piloto pueden ser símbolos de modulación de un esquema de

modulación tal como PSK o QAM. El piloto son datos que se conocen a priori tanto por el Nodo B como por los UE.

Un procesador MIMO TX 230 realiza el procesamiento espacial del transmisor en los símbolos piloto y de datos. El procesador 230 puede realizar mapeo MIMO directo, precodificación, formación de haz, etc. Puede enviarse un símbolo de datos desde una antena para un mapeo MIMO directo o desde múltiples antenas para una precodificación y formación de haz. El procesador 230 proporciona T flujos de símbolos de salida a T transmisores (TMTR) 232a a 232t. Cada transmisor 232 puede realizar una modulación (por ejemplo, para OFDM, CDMA, etc.) en los símbolos de salida a fin de obtener chips de salida. Cada transmisor 232 procesa adicionalmente (por ejemplo, convierte en analógico, filtra, amplifica y convierte en ascendente) sus chips de salida y genera una señal de enlace descendente. Se transmiten T señales de enlace descendente de los transmisores 232a a 232t desde T antenas 234a a 234t, respectivamente.

En cada UE 120, una o múltiples antenas 252 reciben las señales de enlace descendente desde el Nodo B 110. Cada antena 252 proporciona una señal recibida a receptor (RCVR) respectivo 254. Cada receptor 254 procesa (por ejemplo, filtra, amplifica, convierte en descendente y digitaliza) su señal recibida para obtener muestras. Cada receptor 254 también puede realizar una desmodulación (por ejemplo, para OFDM, CDMA, etc.) en las muestras a fin de obtener símbolos recibidos.

Para el UE de una única antena 120x, un detector de datos 260x realiza la detección de datos (por ejemplo, filtración equilibrada o ecualización) en los símbolos recibidos y proporciona cálculos de símbolos de datos. Después, un procesador de datos de recepción (RX) 270x procesa (por ejemplo, desmapea en símbolos, desintercala y decodifica) los cálculos de símbolos de datos y proporciona datos decodificados a un depósito de datos 272x. Para el UE de múltiples antenas 120y, un detector MIMO 260y realiza la detección MIMO en los símbolos recibidos y proporciona cálculos de símbolos de datos. Después, un procesador de datos RX 270y procesa los cálculos de símbolos de datos y proporciona datos decodificados a un depósito de datos 272y.

Los UE 120x y 120y pueden enviar información de retroalimentación al Nodo B 110, que puede usar la información de retroalimentación para programar y transmitir datos a los UE. La información de retroalimentación también se puede denominar como información de estado de canal (CSI), información de adaptación de enlace, etc. La información de retroalimentación puede transmitir diversos tipos de información, como se describe a continuación. Para cada UE, un procesador de señalización TX 284 recibe información de retroalimentación desde un controlador/procesador 280 y procesa la información de retroalimentación de acuerdo con un esquema de señalización seleccionado. La señalización procesada se acondiciona por uno o más transmisores 254 y se transmite a través de una o más antenas 252. En el Nodo B 110, las señales de enlace ascendente provenientes de los UE 120x y 120y se reciben por las antenas 234a a 234t, se procesan por los receptores 232a a 232t, y se procesan adicionalmente por un procesador de señalización RX 236 para recuperar la información de retroalimentación enviada por los UE. Un programador 244 programa los UE para la transmisión, por ejemplo, basándose en la información de retroalimentación recibida. Un controlador/procesador 240 controla la transmisión de datos a los UE programados basándose en la información de retroalimentación recibida.

Los controladores/procesadores 240, 280x y 280 también pueden controlar el funcionamiento de diversas unidades de procesamiento en el Nodo B 110 y los UE 120x y 120y, respectivamente. Las memorias 242, 282x y 282y almacenan datos y códigos de programa para el Nodo B 110 y los UE 120x y 120y, respectivamente.

Un Nodo B puede soportar transmisiones de única entrada-única (SISO), de única entrada-múltiple salida (SIMO), múltiple entrada-única salida (MISO), y/o múltiple entrada-múltiple salida (MIMO). Única entrada se refiere a una antena de transmisión y múltiple entrada se refiere a múltiples antenas de transmisión para la transmisión de datos. Única salida se refiere a una antena de recepción y múltiple salida se refiere a múltiples antenas de recepción para la recepción de datos. Para el enlace descendente, las múltiples antenas de recepción pueden ser para uno o más UE. El Nodo B también puede soportar MIMO de único usuario (SU-MIMO) y MIMO de múltiples usuarios (MU-MIMO). SU-MIMO se refiere a la transmisión MIMO a un único UE en un conjunto determinado de recursos de tiempo y frecuencia. MU-MIMO se refiere a la transmisión MIMO a múltiples UE en el mismo conjunto de recursos de tiempo y frecuencia. MU-MIMO también se denomina como acceso múltiple por división espacial (SDMA). El Nodo B puede transmitir datos usando SU-MIMO en algunos recursos de tiempo y frecuencia (por ejemplo, en algunos intervalos de tiempo) y puede transmitir datos utilizando MU-MIMO en otros recursos de tiempo y frecuencia (por ejemplo, en algunos otros intervalos de tiempo). El Nodo B también puede soportar diversidad de transmisión de espacio-tiempo (STTD), diversidad de transmisión de espacio-frecuencia (SFTD), y/u otros esquemas de transmisión.

El Nodo B puede enviar una transmisión MIMO a uno o más UE usando mapeo MIMO directo, precodificación o formación de haz. Con el mapeo MIMO directo, cada flujo de datos se mapea a una antena de transmisión diferente. Con la precodificación, los flujos de datos se multiplican con una matriz de precodificación y después se envían en antenas virtuales formadas con la matriz de precodificación. Cada flujo de datos se envía desde todas las T antenas de transmisión. La precodificación permite que la potencia de transmisión total para cada antena de transmisión se use para la transmisión de datos independientemente del número de flujos de datos que se esté enviando. La precodificación también puede incluir esparcimiento espacial, recombinación de espacio-tiempo, etc. Con la

formación de haz, los flujos de datos se multiplican con una matriz de formación de haz y se direccionan hacia UE específicos. Con fines de claridad, la siguiente descripción asume el uso de la precodificación tanto para SU-MIMO como para MU-MIMO.

5 El Nodo B puede realizar una precodificación para una transmisión MIMO a uno o más UE, como se indica a continuación:

$$\underline{\mathbf{x}} = \underline{\mathbf{P}} \underline{\mathbf{s}} , \quad \text{Ec. (1)}$$

donde $\underline{\mathbf{s}}$ es un vector $S \times 1$ de símbolos de datos para uno o más UE que están recibiendo servicio,

$\underline{\mathbf{P}}$ es una matriz de precodificación $T \times S$, y

$\underline{\mathbf{x}}$ es un vector $T \times 1$ de símbolos de salida que van a ser enviados por el Nodo B.

S es el número de flujos de datos que se están enviando simultáneamente a todos los UE que están recibiendo servicio. S puede darse como $1 \leq S \leq \min \{T, R\}$ para SU-MIMO y $1 \leq S \leq T$ para MU-MIMO. Cada símbolo de datos en el vector $\underline{\mathbf{s}}$ se multiplica por una columna de matriz $\underline{\mathbf{P}}$ correspondiente y se mapea a todas o un subconjunto de las T antenas de transmisión. Para SU-MIMO, puede usarse precodificación para separar espacialmente los S flujos de datos que se están enviando simultáneamente a un único UE. Para MU-MIMO, puede usarse precodificación para separar espacialmente múltiples UE que están recibiendo servicio de forma simultánea. Los términos precodificación y formación de haz en ocasiones se usan de manera intercambiable.

La precodificación puede soportarse de diversas formas. En un diseño, el Nodo B soporta una matriz de precodificación sencilla $T \times T$ que puede o no ser conocida por los UE, por ejemplo, dependiendo de la manera en que se envían los símbolos piloto. En otro diseño, el Nodo B soporta un conjunto de (por ejemplo, 2, 4, 8, 16, 32, 64, etc.) matrices de precodificación $T \times T$ que se conocen por los UE. En este diseño, cada UE puede seleccionar una matriz de precodificación que puede proporcionar un buen rendimiento para ese UE a partir del conjunto de matrices de precodificación y puede enviar la matriz de precodificación seleccionada al Nodo B. $\underline{\mathbf{P}}$ puede ser la matriz de precodificación seleccionada por los UE que están recibiendo servicio o puede reconstruirse por el Nodo B basándose en las matrices y/o columnas seleccionadas por los UE. Para ambos diseños, cada UE puede identificar una o más columnas específicas de la matriz de precodificación seleccionada o conocida, que puede proporcionar un buen rendimiento, y puede enviar la columna o columnas seleccionadas al Nodo B. El conjunto de columnas seleccionadas también se denomina como un subconjunto de antenas. Para SU-MIMO, un UE puede seleccionar S columnas de una matriz de precodificación. Para MU-MIMO, un UE puede seleccionar L columnas de una matriz de precodificación, donde $1 < L < S$. Tanto para SU-MIMO como para MU-MIMO, $\underline{\mathbf{P}}$ contiene S columnas que pueden seleccionarse por el uno o más UE que están recibiendo servicio o reconstruirse por el Nodo B basándose en las matrices y/o columnas seleccionadas por los UE. El Nodo B puede enviar uno o más flujos de datos a cada UE usando una o más columnas de la matriz de precodificación.

Para SU-MIMO, la transmisión MIMO se envía a un único UE. Los símbolos recibidos para este UE se pueden expresar como:

$$\underline{\mathbf{y}} = \underline{\mathbf{H}} \underline{\mathbf{P}} \underline{\mathbf{s}} + \underline{\mathbf{n}} , \quad \text{Ec. (2)}$$

donde $\underline{\mathbf{H}}$ es una matriz de respuesta de canal $R \times T$ para el UE,

$\underline{\mathbf{y}}$ es un vector $R \times 1$ de los símbolos recibidos por el UE, y
 $\underline{\mathbf{n}}$ es un vector de ruido $R \times 1$.

Para MU-MIMO, la transmisión MIMO se envía a múltiples UE. Los símbolos recibidos para un UE determinado i se pueden expresar como:

$$\underline{\mathbf{y}}_i = \underline{\mathbf{H}}_i \underline{\mathbf{P}}_i \underline{\mathbf{s}}_i + \underline{\mathbf{n}}_i , \quad \text{Ec. (3)}$$

$$\underline{\mathbf{n}}_i = \underline{\mathbf{H}}_i \sum_{j \neq i} \underline{\mathbf{P}}_j \underline{\mathbf{s}}_j + \underline{\mathbf{n}} , \quad \text{Ec. (4)}$$

donde $\underline{\mathbf{s}}_j$ es un vector $L \times 1$ de símbolos de datos para el UE i ,

$\underline{\mathbf{P}}_j$ es una sub-matriz $T \times L$ de la matriz de precodificación $\underline{\mathbf{P}}$ para el UE i ,

$\underline{\mathbf{H}}_i$ es una matriz de respuesta de canal $R \times T$ para el UE i ,

$\underline{\mathbf{y}}_i$ es un vector $R \times 1$ de los símbolos recibidos para el UE i , y

\mathbf{n}_i es un vector de ruido $R \times 1$ para el UE i .

L es el número de flujos de datos que se están enviando al UE i . El mismo o diferente número de flujos de datos puede enviarse a los múltiples UE que están recibiendo servicio simultáneamente con MU-MIMO. \mathbf{P}_i puede contener L columnas de la matriz de precodificación seleccionada por el UE i y es una sub-matriz de \mathbf{P} . El Nodo B puede enviar datos a múltiples UE que seleccionan diferentes columnas de la misma matriz de precodificación \mathbf{P} . Como alternativa, el Nodo B puede enviar datos a múltiples UE usando una matriz de precodificación reconstruida (tal como una matriz de forzado cero) basándose en las matrices \mathbf{P} y/o columnas seleccionadas por los UE. El ruido observado por el UE i incluye el ruido de fondo \mathbf{n}_i , así como una interferencia procedente de los flujos de datos enviados a otros UE, como se muestra en la ecuación (4).

Tanto para SU-MIMO como para MU-MIMO, un UE puede recuperar sus flujos de datos usando diversas técnicas de detección MIMO tales como mínimo error cuadrático medio (MMSE) lineal, forzado cero (ZF), cancelación de interferencia sucesiva (SIC), etc., que se conocen en la técnica. SIC implica la recuperación de un flujo de datos a la vez, el cálculo de la interferencia a causa de cada flujo de datos recuperado y la cancelación de la interferencia antes de la recuperación del siguiente flujo. SIC puede mejorar las calidades de señal recibida de flujos de datos que se recuperan más adelante. Para SU-MIMO, un UE puede ser capaz de realizar SIC para todos los S flujos de datos enviados en la transmisión MIMO. Para MU-MIMO, un UE puede ser capaz de realizar SIC únicamente para los L flujos de datos enviados a ese UE. El UE MU-MIMO típicamente no puede recuperar los flujos de datos enviados a otros UE y no puede calcular ni cancelar la interferencia a causa de estos flujos de datos. Por lo tanto, el UE MU-MIMO puede realizar (a) una detección MMSE para recuperar sus L flujos de datos o (b) SIC para suprimir la interferencia de los L flujos de datos para ese UE y detección MMSE para suprimir la interferencia de los $S-L$ flujos de datos para los otros UE.

Un UE puede enviar información de retroalimentación al Nodo B. La información de retroalimentación puede incluir:

- Una matriz de precodificación seleccionada,
- Una o más columnas seleccionadas de la matriz de precodificación seleccionada; e
- información CQI para todos los flujos de datos.

La información CQI puede transmitir calidad de señal recibida o la velocidad para cada flujo de datos, un vector de velocidades para todos los flujos de datos, y/u otra información. La calidad de señal recibida puede cuantificarse por la relación señal-ruido (SNR), la relación señal-interferencia-ruido (SINR), la relación portadora-interferencia (C/I), etc. En la siguiente descripción, la SNR se usa para representar la calidad de la señal recibida. La SNR de un flujo de datos se puede usar para seleccionar una velocidad para ese flujo de datos. Una velocidad puede indicar un esquema de codificación o velocidad de código, un esquema de modulación, un esquema de transmisión, una velocidad de datos, y así sucesivamente para uso para un flujo de datos. Una velocidad también se puede denominar un esquema de modulación y codificación (MCS).

La información de retroalimentación permite al Nodo B adaptar la transmisión MIMO a las condiciones de canal variable en el enlace descendente. La información de retroalimentación para SU-MIMO puede ser la misma que, o diferente de la información de retroalimentación para MU-MIMO. Por ejemplo, si la precodificación no se realiza para SU-MIMO, entonces no hay necesidad de enviar de regreso una matriz de precodificación seleccionada o una o más columnas seleccionadas. Como otro ejemplo, puede usarse una única matriz de precodificación para SU-MIMO mientras que puede usarse un conjunto de matrices de precodificación para MU-MIMO. En este caso, no hay necesidad de enviar de regreso la matriz de precodificación seleccionada para SU-MIMO. En otro ejemplo todavía, el número de matrices de precodificación disponibles para SU-MIMO puede ser más pequeño que el número de matrices de precodificación disponibles para MU-MIMO. Aún en otro ejemplo, puede usarse un único un vector de precodificación para MU-MIMO mientras que pueden usarse múltiples vectores de columna de una matriz de precodificación para SU-MIMO. En este caso, la sobrecarga CQI de enlace ascendente para MU-MIMO puede ser menor que la sobrecarga CQI de enlace ascendente para SU-MIMO. En general, la sobrecarga de precodificación de enlace ascendente para SU-MIMO puede ser la misma que, menor que, o posiblemente mayor que la sobrecarga de precodificación para MU-MIMO.

El Nodo B puede enviar señalización para indicar la velocidad/MCS utilizada para cada flujo de datos. La señalización también puede indicar la matriz de precodificación utilizada para la transmisión. Si el piloto no se precodifica de la misma forma que los datos, entonces el Nodo B puede transmitir la matriz de precodificación, y un UE puede obtener un cálculo de respuesta de canal MIMO precodificado mediante la aplicación de la matriz de precodificación. Como alternativa, el piloto puede precodificarse de la misma manera que los datos, en cuyo caso puede no ser necesario transmitir la matriz de precodificación usada para la transmisión.

La Tabla 1 enumera diferentes tipos de transmisión que pueden enviarse por el Nodo B a un UE basándose en el número de antenas de transmisión en el Nodo B y el número de antenas de recepción en el UE. Para el caso con una antena de transmisión, o $T = 1$, el Nodo B puede enviar (a) una transmisión SISO si el UE tiene una antena de recepción o (b) una transmisión SIMO si el UE tiene múltiples antenas de recepción. Para el caso con múltiples antenas de transmisión, o $T \geq 2$, el Nodo B puede enviar (a) una transmisión MIMO solamente a este UE usando SU-

MIMO (o SU-MISO cuando $R = 1$) o (b) una transmisión MIMO a este UE y uno o más UE diferentes usando MU-MIMO.

Tabla 1

	R = 1	R ≥ 2
T = 1	SISO	SIMO
T ≥ 2	SU-MIMO o MU-MIMO	SU-MIMO o MU-MIMO

SU-MIMO y MU-MIMO tienen ciertas características diferentes en cuando a la transmisión y recepción de datos La Tabla 2 enumera algunas de las diferencias entre SU-MIMO y MU-MIMO. En la Tabla 2, T es el número de antenas de transmisión en el Nodo B, R es el número de antenas de recepción en un UE, y M es el número máximo de flujos de datos para todos los UE.

Tabla 2

Atributo	SU-MIMO	MU-MIMO
Flujos por UE	$1 \leq S \leq \min \{T, R\}$	$1 \leq L \leq \min \{T, R\}$
Número máximo de flujos	$M = \min \{T, R\}$	$M = T$
Objetivo	Velocidad pico superior para el UE.	Capacidad del sector superior.
Generación CQI	Puede aplicarse selección de rango y puede usarse SIC para todos los S flujos de datos.	No puede aplicarse selección de rango y puede usarse SIC para L flujos de datos enviados al UE.

Para SU-MIMO, los datos se envían únicamente a un UE, y el número máximo de flujos de datos (M) es igual al número menor de T y R. Incluso si $R \geq T$ y el canal MIMO no presenta una deficiencia de rango, las velocidades más elevadas que pueden usarse para los M flujos de datos se determinan por los canales espaciales (o modos eigen) del canal MIMO para el UE programado. Un objetivo principal de SU-MIMO puede ser aumentar la velocidad pico para el UE que está recibiendo servicio.

Para MU-MIMO, el número máximo de flujos de datos para todos los UE programados es igual a T. Por lo tanto, cuando $T > R$, puede enviarse una mayor cantidad de flujos de datos con MU-MIMO que SU-MIMO. Además, los flujos de datos pueden enviarse en los mejores canales espaciales para cada UE programado, y pueden usarse velocidades más elevadas para estos flujos de datos. Además, la diversidad espacial puede explotarse para programar espacialmente UE compatibles para la transmisión. Si no se considera la sobrecarga de señalización, entonces el rendimiento general o la capacidad de sector para MU-MIMO representa un límite superior en la capacidad del sector para SU-MIMO. Un objetivo principal de MU-MIMO puede ser aumentar la capacidad del sector.

Para SU-MIMO, un UE puede calcular la respuesta de canal MIMO, evaluar diferentes matrices de precodificación que pueden usarse, determinar el rango de canal o número de flujos de datos (S) a enviar al UE, y enviar información de retroalimentación al Nodo B. La información de retroalimentación puede transmitir la matriz de precodificación seleccionada, S columnas específicas de la matriz de precodificación seleccionada, la SNR o velocidad para cada flujo de datos, y/u otra información. El Nodo B puede enviar S flujos de datos al UE usando las S columnas seleccionadas de la matriz de precodificación seleccionada y a S velocidades indicadas por la información de retroalimentación.

Para MU-MIMO, un UE puede calcular la respuesta de canal MIMO o MISO, evaluar diferentes matrices de precodificación que pueden usarse, y enviar información de retroalimentación al Nodo B. La información de retroalimentación puede transmitir la matriz de precodificación seleccionada, una o más columnas específicas de la matriz de precodificación seleccionada, la SNR o velocidad para cada flujo de datos, y/u otra información. El número de columnas a indicar puede fijarse, por ejemplo, por el número de antenas en el UE o con respecto a un valor predeterminado (por ejemplo, uno). El Nodo B puede seleccionar espacialmente UE separables basándose en la información de retroalimentación recibida desde diferentes UE, por ejemplo, UE que seleccionan diferentes columnas de la misma matriz de precodificación, o UE que seleccionan vectores de columna que tienen valores de correlación bajos entre sí. Después, el Nodo B puede enviar S flujos de datos a estos UE usando S columnas seleccionadas de la matriz de precodificación seleccionada o S vectores de columna reconstruidos (tales como vectores de precodificación de forzado cero) y a S velocidades indicadas por la información de retroalimentación.

Las SNR de los flujos de datos dependen de (a) la cantidad de potencia de transmisión usada para los flujos de datos y (b) las técnicas de detección MIMO usadas por los UE para recuperar los flujos de datos. Para una transmisión MIMO determinada, pueden conseguirse diferentes SNR con las técnicas de MMSE, forzado cero y SIC. Un UE SU-MIMO puede realizar una selección de rango y seleccionar S corrientes de datos que elevarán al máximo el rendimiento para ese UE. La selección de rango puede asumir que la potencia de transmisión total en el Nodo B se distribuye de manera uniforme a través de los S flujos de datos. El UE SU-MIMO también puede usar SIC y

puede conseguir SNR más elevadas para los flujos de datos que se recuperan más adelante. Las SNR o velocidades indicadas por el UE SU-MIMO se pueden beneficiar entonces de la selección de rango y/o SIC. Un UE MU-MIMO puede asumir que la potencia de transmisión total en el Nodo B se distribuye de manera uniforme a través de los T flujos de datos. El UE MU-MIMO puede ser capaz de usar SIC únicamente para los L flujos de datos enviados a ese UE. Las SNR o velocidades indicadas por el UE MU-MIMO no se benefician de la selección de rango y parcialmente se pueden beneficiar de SIC, en caso de ser posible.

En general, un UE SU-MIMO puede generar información CQI con la suposición de que los datos se envían únicamente a ese UE en un conjunto determinado de recursos de tiempo y frecuencia. En la generación de la información CQI, el UE SU-MIMO puede emplear selección de rango, SIC, y/u otras técnicas que se basan en la transmisión a un único UE. Un UE MU-MIMO puede generar información CQI con la suposición de que los datos serán enviados a ese UE, así como otros UE en el mismo conjunto de recursos de tiempo y frecuencia. En la generación de la información CQI, el UE MU-MIMO puede evitar técnicas (por ejemplo, selección de rango, SIC, etc.) que se basan en la transmisión a un único UE.

Cuando SU-MIMO y MU-MIMO se soportan de manera concurrente, puede haber ambigüedad en la interpretación de la información CQI recibida desde los UE. La información CQI puede depender de las suposiciones y las técnicas de detección MIMO usadas por los UE. Por ejemplo, las SNR calculadas por un UE con selección de rango y SIC pueden variar en gran medida de las SNR calculadas por un UE sin selección de rango o SIC. Se puede conseguir un buen rendimiento cuando el Nodo B transmite datos a velocidades apropiadas de manera que los flujos de datos se puedan recuperar. Si un UE calcula las SNR asumiendo SU-MIMO (por ejemplo, con selección de rango y SIC) y si el Nodo B transmite datos a este UE usando MU-MIMO, entonces las velocidades usadas para los flujos de datos pueden ser demasiado altas, y como resultado se pueden obtener errores de paquete excesivos. Por el contrario, si un UE calcula las SNR asumiendo MU-MIMO (por ejemplo, sin selección de rango o SIC) y si el Nodo B transmite datos a este UE usando SU-MIMO, entonces las velocidades usadas para los flujos de datos pueden ser demasiado bajas, y se puede desperdiciar capacidad.

En un aspecto, los UE se separan en un grupo SU-MIMO y un grupo MU-MIMO. Cada UE puede colocarse en el grupo SU-MIMO o el grupo MU-MIMO. En cierto escenario, todos los UE en una célula o un sector pueden ser colocados en el grupo SU-MIMO a la vez y en el grupo MU-MIMO en otro momento. El Nodo B proporciona servicio únicamente a un UE en el grupo SU-MIMO en un conjunto determinado de recursos de tiempo y frecuencia. El Nodo B de manera simultánea puede proporcionar servicio a múltiples UE en el grupo MU-MIMO en un conjunto determinado de recursos de tiempo y frecuencia.

La clasificación de los UE en grupos se puede basar en diversos criterios. Los UE pueden clasificarse basándose en el número de antenas de transmisión (T) y el número de antenas de recepción (R). Por ejemplo, si el Nodo B tiene cuatro antenas de transmisión, entonces los UE con cuatro (o dos) antenas de recepción se pueden colocar en el grupo SU-MIMO, y los UE con una (o dos) antenas de recepción se pueden colocar en el grupo MU-MIMO. Un UE con menos de T antenas puede colocarse en el grupo MU-MIMO de manera que el Nodo B puede transmitir hasta R flujos de datos a este UE y T - R flujos de datos a otros UE.

Los UE también se pueden clasificar basándose en sus requisitos de datos. Los UE que requieren velocidades pico elevadas o que tienen grandes cantidades de datos en ráfaga se pueden colocar en el grupo SU-MIMO. Los UE con datos continuos bajos (por ejemplo, voz) o datos tolerantes al retraso (por ejemplo, descarga de fondo) se pueden colocar en el grupo MU-MIMO.

Los UE también se pueden clasificar basándose en el número de UE en el sector y/o carga de sector. Por ejemplo, cuando únicamente está presente un número pequeño de UE, todos o muchos de los UE se pueden colocar en el grupo SU-MIMO. Por el contrario, cuando está presente un número grande de UE, todos o muchos de los UE se pueden colocar en el grupo MU-MIMO. Pueden colocarse más UE en el grupo SU-MIMO cuando el sector está ligeramente cargado. Por el contrario, pueden colocarse más UE en el grupo MU-MIMO cuando el sector está cargado en forma más pesada.

Los UE también se pueden clasificar basándose en los objetivos de sector. La capacidad del sector puede mejorarse colocando más UE en el grupo MU-MIMO. Sin embargo, a fin de cumplir con los requisitos de calidad de servicio (QoS) de los UE, se pueden colocar algunos UE en el grupo MU-MIMO y se pueden colocar algunos otros UE en el grupo SU-MIMO.

La Tabla 3 muestra algunas reglas de clasificación ejemplares para los criterios que se han descrito anteriormente. En general, los UE se pueden clasificar basándose en cualquier criterio o cualquier combinación de criterios. Las reglas de clasificación pueden ser estáticas o pueden variar con el tiempo, por ejemplo, debido a cambios en el sector.

Tabla 3

Criterio	Clasificación
Número de Antenas R	Colocar UE con más antenas en grupo SU-MIMO. Colocar UE con menos antenas en grupo MU-MIMO
Requisitos de datos	Colocar UE con velocidad pico alta o datos en ráfaga en grupo SU-MIMO. Colocar UE con velocidad baja o datos tolerantes al retraso en grupo MU-MIMO.
Número de UE	Colocar UE en grupo SU-MIMO cuando están presentes menos UE. Colocar UE en grupo MU-MIMO cuando están presentes más UE.
Sector/objetivo de UE	Colocar UE en grupo SU-MIMO para lograr una velocidad pico más elevada por UE. Colocar UE en grupo MU-MIMO para lograr una capacidad de sector más elevada.

5 En un diseño específico, los UE se clasifican basándose únicamente en la configuración de transmisión/recepción (Tx/Rx), que se refiere al número de antenas de transmisión en el Nodo B y el número de antenas de recepción en un UE. La Tabla 4 muestra una clasificación específica basándose únicamente en la configuración Tx/Rx

Tabla 4

	R = 1	R = 2	R = 4
T = 2	MU-MIMO	SU-MIMO	SU-MIMO
T = 4	MU-MIMO	MU-MIMO	SU-MIMO

10 Una configuración TxR se refiere a T antenas de transmisión y R antenas de recepción para un UE determinado. Las seis configuraciones en la Tabla 4 pueden soportarse como se indica a continuación:

- Configuración 2x1 - se soportan dos UE, con un flujo de datos por UE,
- Configuración 2x2 - se soporta un UE, con dos flujos de datos para este UE,
- 15 • Configuración 2x4 - se soporta un UE, con dos flujos de datos para este UE,
- Configuración 4x1 - se soportan cuatro UE, con un flujo de datos por UE,
- Configuración 4x2 - se soportan dos UE, con dos flujos de datos por UE, y
- Configuración 4x4 - se soporta un UE, con cuatro flujos de datos para este UE.

20 La clasificación de los UE puede ser semiestática y puede cambiar en forma infrecuente, en caso que ocurra. Un UE puede clasificarse al inicio de una llamada, al momento de la transferencia desde otro Nodo B, etc. El UE puede ser notificado respecto del grupo al que pertenece el UE a través de señalización, que puede enviarse mediante una capa superior, un canal de difusión, etc. Como alternativa, el cambio del grupo semiestático también puede comunicarse entre el UE y el Nodo B a través de un indicador de capa MAC o física. La clasificación puede cambiar de una forma semiestática dependiendo de la preferencia del UE, los requisitos del UE, las condiciones de canal o las estadísticas de canal a largo plazo para los UE, la población del UE, la carga de sector, las condiciones del sector en general, etc. Por ejemplo, si una cantidad mayor de UE está presente y/o aumenta la carga del sector, entonces algunos o todos los UE pueden moverse del grupo SU-MIMO al grupo MU-MIMO. Como otro ejemplo, si el rendimiento se degrada con el paso del tiempo para un UE determinado, entonces este UE puede cambiarse del grupo MU-MIMO al grupo SU-MIMO. Los UE pueden ser notificados respecto a los cambios en los grupos a los que pertenecen.

35 El Nodo B puede evaluar las condiciones operativas de forma periódica y puede realizar cualesquiera ajustes necesarios a los grupos. Como alternativa o adicionalmente, el Nodo B puede evaluar los grupos cuando sea apropiado, por ejemplo, cuando se añadan nuevos UE, cuando UE existentes salgan, cuando cambien los requisitos de datos y/o condiciones, etc. El cambio de un grupo a otro grupo típicamente no se realiza sobre una base cuadro por cuadro, sino más bien por lo general es menos frecuente. La longitud de un cuadro típicamente depende del sistema y puede ser 1 milisegundo (ms), 10 ms, o algún otro valor.

40 El programador para el Nodo B puede recibir información de retroalimentación desde los UE y puede programar los UE para transmisión de enlace descendente basándose en la información de retroalimentación recibida. En cada intervalo de programación, el programador puede evaluar diferentes UE para SU-MIMO y diferentes combinaciones de UE para MU-MIMO. El programador puede determinar las salidas que se pueden lograr para diferentes UE SU-MIMO y diferentes combinaciones de UE MU-MIMO y puede determinar la ganancia que se puede lograr con MU-MIMO. El programador puede decidir programar un único UE con SU-MIMO o múltiples UE con MU-MIMO en base a diversos factores tales como la capacidad del sector (la cual puede favorecer MU-MIMO), rendimiento pico alto (el

cual puede favorecer SU-MIMO), requisitos de datos, requisitos QoS, carga de sector, etc. Algunos de estos factores (por ejemplo, la carga del sector) pueden cambiar con el paso del tiempo y pueden ser diferentes para diferentes horas del día. Por lo tanto, las decisiones de programación pueden variar por consiguiente basándose en los factores subyacentes.

5 La clasificación de los UE en grupos puede proporcionar diversas ventajas. En primer lugar, la programación puede simplificarse mediante la clasificación de los UE en grupos. Por ejemplo, el programador no necesitaría evaluar los UE SU-MIMO en combinación con otros UE. En segundo lugar, se puede evitar la ambigüedad en la interpretación de la información CQI. El Nodo B puede interpretar la información CQI para cada UE de acuerdo con las reglas de interpretación aplicables para el grupo al cual pertenece el UE. Por ejemplo, el Nodo B puede interpretar la información CQI recibida desde un UE en el grupo SU-MIMO como generada con selección de rango y SIC. El Nodo B puede interpretar la información CQI recibida desde un UE en el grupo MU-MIMO como generada sin selección de rango o SIC. La clasificación de los UE en grupos SU-MIMO y MU-MIMO puede permitir el diseño independiente y la operación de precodificación para SU-MIMO y MU-MIMO a fin de mejorar el rendimiento. Un UE SU-MIMO puede seleccionar una matriz de precodificación y vectores de columna de entre un conjunto mientras que un UE MU-MIMO puede seleccionar una matriz de precodificación y vectores de columna de entre otro conjunto. El número de matrices de precodificación disponibles o columnas puede optimizarse de forma independiente para los grupos SU-MIMO y MU-MIMO.

20 La ambigüedad en la interpretación de la información CQI también se puede evitar de otras formas. Por ejemplo, un UE puede enviar información CQI, así como uno o más bits de señalización para indicar qué modo (por ejemplo, SU-MIMO o MU-MIMO) se usó en la generación de la información CQI. El Nodo B puede entonces interpretar la información CQI recibida de acuerdo con el modo indicado por los bits de señalización. En cualquier caso, la interpretación adecuada de la información CQI permite al Nodo B seleccionar las velocidades apropiadas para cada UE programado.

30 Un UE SU-MIMO puede seleccionar una matriz de precodificación y ejecutar selección de rango de la siguiente forma. El UE puede evaluar cada una de las matrices de precodificación soportadas por el Nodo B. Para cada matriz de precodificación, el UE puede evaluar cada una de las $2T - 1$ posibles combinaciones de columnas que se pueden usar para la transmisión. Cada combinación corresponde a un conjunto específico de una o más columnas en la matriz de precodificación, y cada columna puede usarse para un flujo de datos. Para cada combinación, el UE puede (a) distribuir la potencia de transmisión total a través de todas las columnas/flujo de datos para esa combinación, (b) calcular la SNR de cada flujo de datos basándose en la técnica de detección MIMO (por ejemplo, MMSE o SIC) usada por el UE, y (c) determinar la salida para esa combinación basándose en los cálculos de SNR para todos los flujos de datos. El UE puede seleccionar la combinación y matriz de precodificación que proporcione el rendimiento más elevado.

40 Un UE MU-MIMO puede seleccionar una matriz de precodificación y una o más columnas de esta matriz de una manera similar. El UE puede evaluar cada una de las matrices de precodificación soportadas. Para cada matriz de precodificación, el UE puede evaluar cada combinación posible de columnas aplicable para el UE, por ejemplo, combinaciones con L columnas. Para cada combinación, el UE puede (a) distribuir la potencia de transmisión total a través de T columnas/flujo de datos, (b) calcular la SNR de cada flujo de datos basándose en la técnica de detección MIMO (por ejemplo, MMSE) usada por el UE, y (c) determinar la salida para esa combinación basándose en los cálculos de SNR para todos los flujos de datos. El UE puede seleccionar la combinación y matriz de precodificación que proporcione el rendimiento más elevado.

La selección de la matriz de precodificación y sus columnas también puede realizarse de otras formas.

50 Haciendo referencia a la FIG. 2, los controladores/procesadores 280x y 280y pueden determinar qué matriz de precodificación y qué L o S columnas usar para la transmisión. Los controladores/procesadores 280x y 280y también pueden determinar la información CQI (por ejemplo, SNR o velocidades) para los flujos de datos que se van a enviar con las columnas seleccionadas de la matriz de precodificación. Los controladores/procesadores 280x y 280y pueden generar un mensaje de enlace ascendente que contenga información de retroalimentación, que puede comprender un índice para la matriz de precodificación seleccionada, información indicativa de las L o S columnas seleccionadas, la información CQI, y/u otra información (por ejemplo, el rango de canal). El controlador/procesador 240 recibe la información de retroalimentación desde los UE y determina qué matriz de precodificación y columnas (o de manera más general, qué vectores de precodificación) usar para cada UE.

60 La FIG. 3 muestra un proceso 300 para clasificar los UE y transmitir datos a los UE. Los UE se clasifican en una pluralidad de grupos que comprenden un primer grupo y un segundo grupo (bloque 312). El primer grupo puede incluir los UE que se van a programar de forma individual para la transmisión MIMO, es decir, los UE que no están programados juntos en un conjunto de recursos de tiempo y frecuencia. El segundo grupo puede incluir los UE que pueden programarse juntos para una transmisión MIMO, es decir, los UE que pueden programarse juntos en un conjunto de recursos de tiempo y frecuencia. Se selecciona un único UE a la vez a partir del primer grupo para una transmisión MIMO (bloque 314). Pueden seleccionarse múltiples UE a la vez a partir del segundo grupo para una transmisión MIMO (bloque 316).

La clasificación en el bloque 312 puede realizarse de diversas formas. Cada UE puede colocarse en el primer grupo o el segundo grupo basándose en el número de antenas en el UE y el número de antenas en un Nodo B. Por ejemplo, los UE con una sola antena pueden colocarse en el segundo grupo, los UE con al menos T antenas pueden colocarse en el primer grupo, y los UE con menos de T antenas pueden colocarse en el segundo grupo, donde T es el número de antenas en el Nodo B. Los UE también pueden clasificarse basándose en la carga en el Nodo B, datos y requisitos QoS de los UE, las estadísticas de canal a largo plazo, el número de UE, etc. La clasificación de los UE puede ser semiestática. Pueden detectarse cambios en las condiciones operativas (por ejemplo, periódicamente), y los UE pueden reclasificarse basándose en los cambios detectados en las condiciones operativas. La señalización puede enviarse a los UE para transmitir los grupos a los que pertenecen.

Para los bloques 314 y 316, la información de retroalimentación puede recibirse desde los UE en el primer y segundo grupos. La información de retroalimentación desde cada UE puede comprender una matriz de precodificación seleccionada, una o más columnas seleccionadas de la matriz de precodificación seleccionada, información CQI, y/u otra información. Los UE pueden programarse para transmisión MIMO basándose en la información de retroalimentación. Por ejemplo, pueden programarse juntos múltiples UE que seleccionan diferentes columnas de una matriz de precodificación común. Una transmisión MIMO puede enviarse a un UE único en el primer grupo o múltiples UE en el segundo grupo, por ejemplo, usando una o más columnas de una matriz de precodificación seleccionada por el UE o los UE (bloque 318). Como alternativa, el Nodo B puede enviar datos a múltiples UE usando una matriz de precodificación reconstruida (tal como una matriz de forzado cero) obtenida basándose en las matrices y/o columnas seleccionadas por los UE

La **FIG. 4** muestra un aparato 400 para clasificar los UE y transmitir datos a los UE. El aparato 400 incluye medios para clasificar los UE en una pluralidad de grupos que comprenden un primer grupo y un segundo grupo (módulo 412), medios para seleccionar un único UE a la vez del primer grupo para una transmisión MIMO (módulo 414), medios para seleccionar múltiples UE a la vez del segundo grupo para una transmisión MIMO (módulo 416), y medios para enviar una transmisión MIMO a un único UE en el primer grupo o múltiples UE en el segundo grupo, por ejemplo, usando una o más columnas de una matriz de precodificación seleccionada por los UE (módulo 418). Los módulos 412 a 418 pueden comprender procesadores, dispositivos electrónicos, dispositivos de hardware, componentes electrónicos, circuitos lógicos, memorias, etc., o cualquier combinación de los mismos.

La **FIG. 5** muestra un proceso 500 para interpretar la información CQI. Los UE se clasifican en una pluralidad de grupos que comprenden un primer grupo y un segundo grupo (bloque 512). La información CQI recibida desde los UE en el primer grupo se interpreta de acuerdo con una primera interpretación (bloque 514). La información CQI recibida desde los UE en el segundo grupo se interpreta de acuerdo con una segunda interpretación (bloque 516). La primera interpretación puede conllevar la interpretación de la información CQI de los UE en el primer grupo como generada (a) distribuyéndose la potencia de transmisión total en el Nodo B a través de un número seleccionado de flujos de datos, (b) con SIC, (c) con una suposición de que la transmisión de datos se envía a un único UE, y/o (d) con algunas otras suposiciones. La segunda interpretación puede conllevar la interpretación de la información CQI de los UE en el segundo grupo como generada (a) distribuyéndose la potencia de transmisión total a través del número máximo de flujos de datos enviados por el Nodo B y/o (b) sin SIC.

Un único UE en el primer grupo o múltiples UE en el segundo grupo, pueden seleccionarse para una transmisión MIMO (bloque 518). Las velocidades para la transmisión MIMO a los UE pueden seleccionarse basándose en la interpretación de la información CQI recibida desde los UE (bloque 520).

La **FIG. 6** muestra un aparato 600 para interpretar información CQI. El aparato 600 incluye medios para clasificar los UE en una pluralidad de grupos que comprenden un primer grupo y un segundo grupo (módulo 612), medios para interpretar la información CQI recibida desde los UE en el primer grupo de acuerdo con una primera interpretación (módulo 614), medios para interpretar la información CQI recibida desde los UE en el segundo grupo de acuerdo con una segunda interpretación (módulo 616), medios para seleccionar un único UE en el primer grupo o múltiples UE en el segundo grupo para transmisión MIMO (módulo 618), y medios para seleccionar las velocidades para la transmisión MIMO a los UE basándose en la interpretación de la información CQI recibida desde los UE (módulo 620). Los módulos 612 a 620 pueden comprender procesadores, dispositivos electrónicos, dispositivos de hardware, componentes electrónicos, circuitos lógicos, memorias, etc., o cualquier combinación de los mismos.

La **FIG. 7** muestra un proceso realizado por un UE. El UE recibe señalización que indica si el UE está colocado en un primer grupo o un segundo grupo (bloque 712). El UE selecciona una matriz de precodificación a partir de un conjunto de matrices de precodificación (bloque 714) y selecciona por lo menos una columna de la matriz de precodificación seleccionada (bloque 716). Si el conjunto de matrices de precodificación y/o columnas disponibles es diferente entre el primer grupo y el segundo grupo, entonces la selección de vector y matriz de precodificación se puede realizar en el conjunto correspondiente al grupo al que pertenece el UE. El UE genera información CQI de una primera forma en caso de estar colocado en el primer grupo (bloque 718). El UE genera información CQI de una segunda manera en caso de estar colocado en el segundo grupo (bloque 720). Por ejemplo, si está colocado en el primer grupo, el UE puede generar la información CQI mediante la distribución de la potencia de transmisión total en el Nodo B a través de un número seleccionado de corrientes de datos y/o con SIC. Si está colocado en el segundo

grupo, el UE puede generar la información CQI mediante la distribución de la potencia de transmisión total a través del número máximo de flujos de datos y sin SIC. CQI también puede determinarse mediante la consideración de la precodificación. Por ejemplo, CQI puede determinarse para cada matriz de precodificación y vectores de columna candidatos. El UE envía información de retroalimentación que comprende la matriz de precodificación seleccionada, la al menos una columna seleccionada de la matriz de precodificación seleccionada, y la información CQI (bloque 722). El UE puede recibir una transmisión MIMO (a) enviada únicamente al UE en caso de estar colocado en el primer grupo o (b) enviada al UE y al menos otro UE en caso de estar colocado en el segundo grupo (bloque 724).

La **FIG. 8** muestra un aparato para un UE. El aparato 800 incluye medios para recibir señalización que indica si el UE está colocado en un primer grupo o un segundo grupo (módulo 812), medios para seleccionar una matriz de precodificación a partir de un conjunto de matrices de precodificación (módulo 814), medios para seleccionar al menos una columna de la matriz de precodificación seleccionada (módulo 816), medios para generar información CQI de una primera forma en caso de estar colocado en el primer grupo (módulo 818), medios para generar información CQI de una segunda manera en caso de estar colocado en el segundo grupo (módulo 820), medios para enviar información de retroalimentación que comprende la matriz de precodificación seleccionada, la al menos una columna seleccionada de la matriz de precodificación seleccionada, y la información CQI (módulo 822), y medios para recibir una transmisión MIMO enviada únicamente al UE y al menos otro UE (módulo 824). Los módulos 812 a 824 pueden comprender procesadores, dispositivos electrónicos, dispositivos de hardware, componentes electrónicos, circuitos lógicos, memorias, etc., o cualquier combinación de los mismos

Las técnicas descritas en el presente documento pueden implementarse por diversos medios. Por ejemplo, estas técnicas pueden implementarse en hardware, software o una combinación de ambos. Para una implementación de hardware, las unidades de procesamiento en el Nodo B o un UE pueden implementarse en uno o más circuitos integrados de aplicación específica (ASIC), procesadores digitales de señales (DSP), dispositivos de procesamiento digital de señales (DSPD), dispositivos lógicos programables (PLD), matrices de compuerta programable de campo (FPGA), procesadores, controladores, microcontroladores, microprocesadores, dispositivos electrónicos, otras unidades electrónicas diseñadas para realizar las funciones descritas en el presente documento, o una combinación de los mismos.

Para una implementación de firmware y/o software, las técnicas pueden implementarse con módulos (por ejemplo, procedimientos, funciones, etc.) que realizan las funciones descritas en el presente documento. Los códigos de firmware y/o software pueden almacenarse en una memoria (por ejemplo, la memoria 242, 282x o 282y en la FIG. 2) y ejecutarse por un procesador (por ejemplo, el procesador 240, 280x o 280y). La memoria puede implementarse dentro del procesador o fuera del procesador.

La anterior descripción de la divulgación se proporciona para permitir que cualquier experto en la técnica realice o use la presente divulgación. Diversas modificaciones de la divulgación resultarán fácilmente evidentes a los expertos en la técnica, y los principios genéricos definidos en el presente documento pueden aplicarse a otras variaciones sin apartarse del alcance de la divulgación. Por tanto, la divulgación no pretende limitarse a los ejemplos mostrados en el presente documento, sino que se le concede el alcance compatible con las reivindicaciones adjuntas. Además, en la medida en que se usa el término "incluye" en la descripción detallada o en las reivindicaciones, dicho término pretende ser inclusivo de una manera similar al término "que comprende" ya que "que comprende" se interpreta cuando se emplea como una palabra de transición en una reivindicación.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un procedimiento para el agrupamiento de equipos de usuario (120), UEs, para una transmisión múltiple entrada-múltiple salida, MIMO, en un sistema de comunicación inalámbrica (100), que comprende:
- clasificar dichos equipos de usuario (120), UEs, en una pluralidad de grupos que comprenden un primer grupo y un segundo grupo, incluyendo el primer grupo UEs (120) que se van a programar de forma individual para una transmisión MIMO e incluyendo el segundo grupo UEs que pueden programarse juntos para una transmisión MIMO;
- 10 interpretar la información del indicador de calidad de canal, CQI, recibida de los UEs (120) en el primer grupo de acuerdo con una primera regla de interpretación aplicable para el primer grupo; e
- interpretar la información CQI recibida de los UEs (120) en el segundo grupo de acuerdo con una
- 15 segunda regla de interpretación aplicable para el segundo grupo.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la interpretación de la información CQI recibida de los UEs (120) en el primer grupo comprende interpretar la información CQI de los UEs (120) en el primer grupo como generada con una potencia de transmisión total en un Nodo B (110) distribuida a través de un número
- 20 seleccionado de flujos de datos, y en el que la interpretación de la información CQI recibida de los UEs (120) en el segundo grupo comprende interpretar la información CQI de los UEs (120) en el segundo grupo como generada con la potencia de transmisión total distribuida a través de un número máximo de flujos de datos enviados por el Nodo B (110).
3. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además:
- programar un único UE en el primer grupo o múltiples UEs en el segundo grupo para una transmisión múltiple entrada-múltiple salida, MIMO; y
- 30 seleccionar velocidades para la transmisión al UE o los UEs programados basándose en la interpretación de la información CQI recibida desde el UE o los UEs.
4. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además:
- 35 seleccionar un único UE a la vez para el primer grupo para una transmisión múltiple entrada-múltiple salida, "MIMO"; y
- seleccionar múltiples UEs a la vez para el segundo grupo para una transmisión MIMO.
- 40 5. El procedimiento de la reivindicación 4, en el que la clasificación de los UEs (120) comprende
- colocar cada uno de los UEs (120) en el primer grupo o el segundo grupo basándose en el número de antenas en el UE y el número de antenas en un Nodo B (110).
- 45 6. El procedimiento de la reivindicación 4, en el que la clasificación de los UEs (120) comprende
- clasificar los UEs (120) en la pluralidad de grupos basándose en la carga en un Nodo B (110), los requisitos de datos de cada UE, las estadísticas de canal a largo plazo, el número de UEs que se está clasificando, o una combinación de los mismos.
- 50 7. El procedimiento de la reivindicación 4, en el que la selección de múltiples UEs (120) a la vez del segundo grupo para una transmisión MIMO comprende
- 55 seleccionar del segundo grupo múltiples UEs seleccionando diferentes columnas de una matriz de precodificación común, y en el que el procedimiento comprende adicionalmente
- enviar una transmisión MIMO a los múltiples UEs (120) usando la matriz de precodificación común.
- 60 8. El procedimiento de la reivindicación 4, en el que la selección de múltiples UEs (120) a la vez del segundo grupo para una transmisión MIMO comprende seleccionar del segundo grupo múltiples UEs seleccionando diferentes vectores de precodificación, y en el que el procedimiento comprende adicionalmente enviar una transmisión MIMO a los múltiples UEs (120) usando una matriz de precodificación reconstruida obtenida basándose en los vectores de precodificación seleccionados.
- 65 9. Un aparato (110) para el agrupamiento de equipos de usuario, UEs, (120) para una transmisión múltiple entrada-múltiple salida, MIMO, en un sistema de comunicación inalámbrica (100), que comprende:

- 5 medios para clasificar dichos equipos de usuario (120), UEs, en una pluralidad de grupos que comprenden un primer grupo y un segundo grupo, incluyendo el primer grupo UEs (120) que se van a programar de forma individual para una transmisión MIMO e incluyendo el segundo grupo UEs que pueden programarse juntos para una transmisión MIMO;
- medios para interpretar la información del indicador de calidad de canal, CQI, recibida de los UEs (120) en el primer grupo de acuerdo con una primera regla de interpretación aplicable para el primer grupo; y
- 10 medios para interpretar la información CQI recibida de los UEs (120) en el segundo grupo de acuerdo con una segunda regla de interpretación aplicable para el segundo grupo.
- 10.** El aparato (110) de la reivindicación 9, que comprende además:
- 15 medios para programar un único UE en el primer grupo o múltiples UEs en el segundo grupo para una transmisión múltiple entrada-múltiple salida, MIMO; y
- medios para seleccionar velocidades para la transmisión al UE o los UEs programados basándose en la interpretación de la información CQI recibida desde el UE o los UEs.
- 11.** El aparato (110) de la reivindicación 9, que comprende además:
- 20 medios para seleccionar un único UE a la vez para el primer grupo para una transmisión múltiple entrada-múltiple salida, MIMO; y
- 25 medios para seleccionar múltiples UEs (120) a la vez para el segundo grupo para una transmisión MIMO.
- 12.** Un medio legible por ordenador que incluye instrucciones almacenadas en el mismo, que comprende:
- 30 un primer conjunto de instrucciones para clasificar equipos de usuario, UEs, (120) en una pluralidad de grupos que comprenden un primer grupo y un segundo grupo, incluyendo el primer grupo UEs (120) que se van a programar de forma individual para una transmisión MIMO e incluyendo el segundo grupo UEs que pueden programarse juntos para una transmisión MIMO;
- 35 un segundo conjunto de instrucciones para interpretar la información del indicador de calidad de canal, CQI, recibida de los UEs (120) en el primer grupo de acuerdo con una primera regla de interpretación aplicable para el primer grupo; y
- 40 un tercer conjunto de instrucciones para interpretar la información CQI recibida de los UEs (120) en el segundo grupo de acuerdo con una segunda regla de interpretación aplicable para el segundo grupo.
- 13.** Un procedimiento para el agrupamiento de equipos de usuario, UEs, para una transmisión múltiple entrada-múltiple salida, MIMO, en un sistema de comunicación inalámbrica (100), que comprende:
- 45 generar mediante un equipo de usuario, UE, (120) información del indicador de calidad de canal, CQI, de una primera manera si el UE (120) está colocado en un primer grupo entre una pluralidad de grupos, incluyendo el primer grupo UEs (120) que se van a programar individualmente para una transmisión múltiple entrada-múltiple salida, MIMO; y
- 50 generar mediante el UE información CQI de una segunda manera si el UE (120) está colocado en un segundo grupo entre una pluralidad de grupos, incluyendo el segundo grupo UEs (120) que pueden programarse juntos para una transmisión MIMO.
- 14.** Un equipo de usuario (120) para el agrupamiento de equipos de usuario, UEs, (120) para una transmisión múltiple entrada-múltiple salida, MIMO, en un sistema de comunicación inalámbrica (100), que comprende:
- 55 medios para generar información del indicador de calidad de canal, CQI, de una primera manera si un equipo de usuario, UE, (120) está colocado en un primer grupo entre una pluralidad de grupos, incluyendo el primer grupo UEs (120) que se van a programar individualmente para una transmisión múltiple entrada-múltiple salida, MIMO; y
- 60 medios para generar información CQI de una segunda manera si el UE (120) está colocado en un segundo grupo entre una pluralidad de grupos, incluyendo el segundo grupo UEs que pueden programarse juntos para una transmisión MIMO.
- 65 **15.** El equipo de usuario de la reivindicación 14, comprendiendo además el UE:

5

un procesador (280x, 280y) configurado para generar información de indicador de calidad de canal, CQI, de dicha primera manera si el UE (120) está colocado en dicho primer grupo entre dicha pluralidad de grupos, incluyendo el primer grupo UEs (120) que se van a programar individualmente para una transmisión múltiple entrada-múltiple salida, MIMO, y para generar información CQI de dicha segunda manera si el UE (120) se coloca en dicho segundo grupo entre la pluralidad de grupos, incluyendo el segundo grupo UEs (120) que pueden programarse juntos para una transmisión MIMO; y una memoria (282x, 282y) acoplada al procesador.

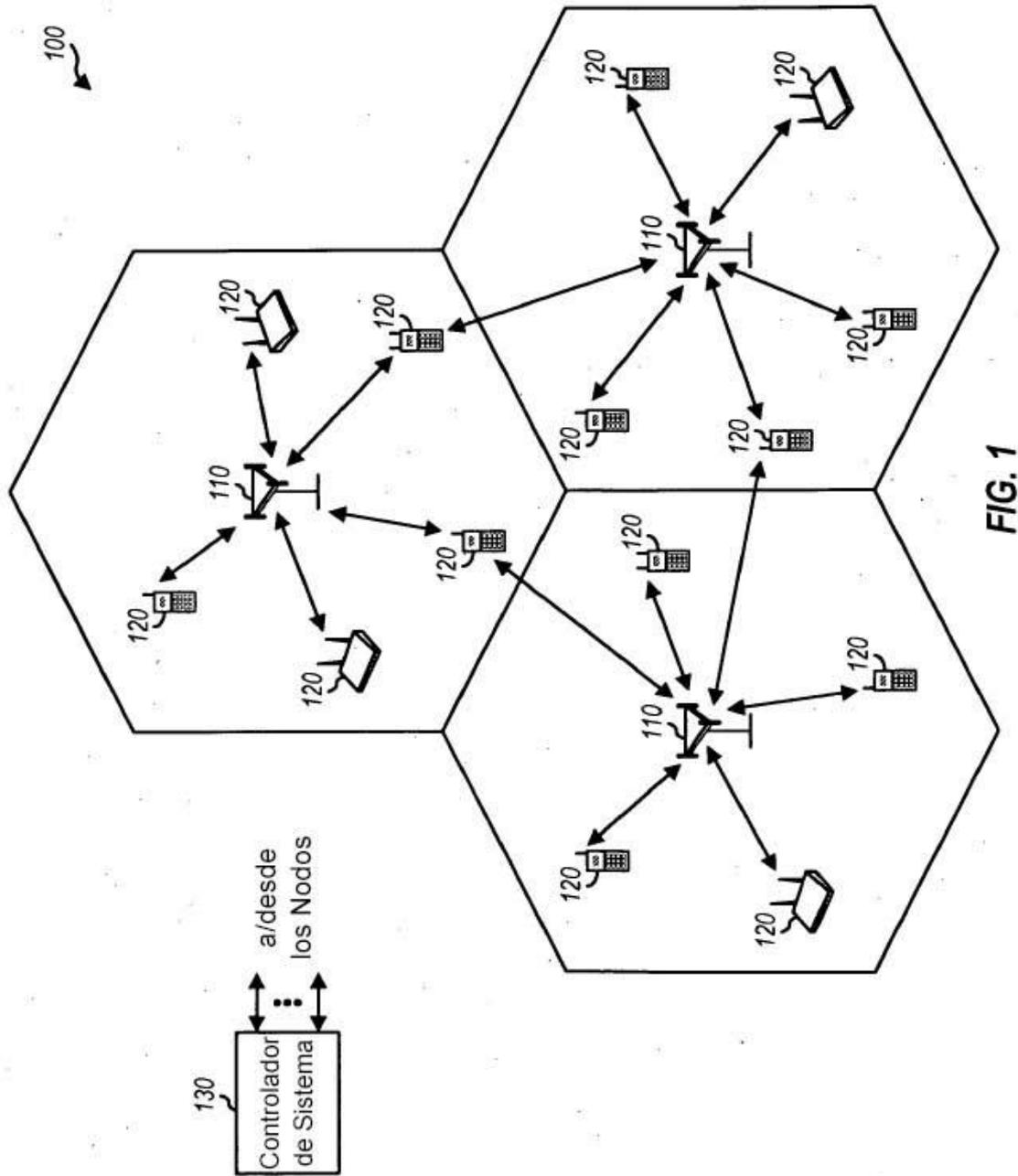


FIG. 1

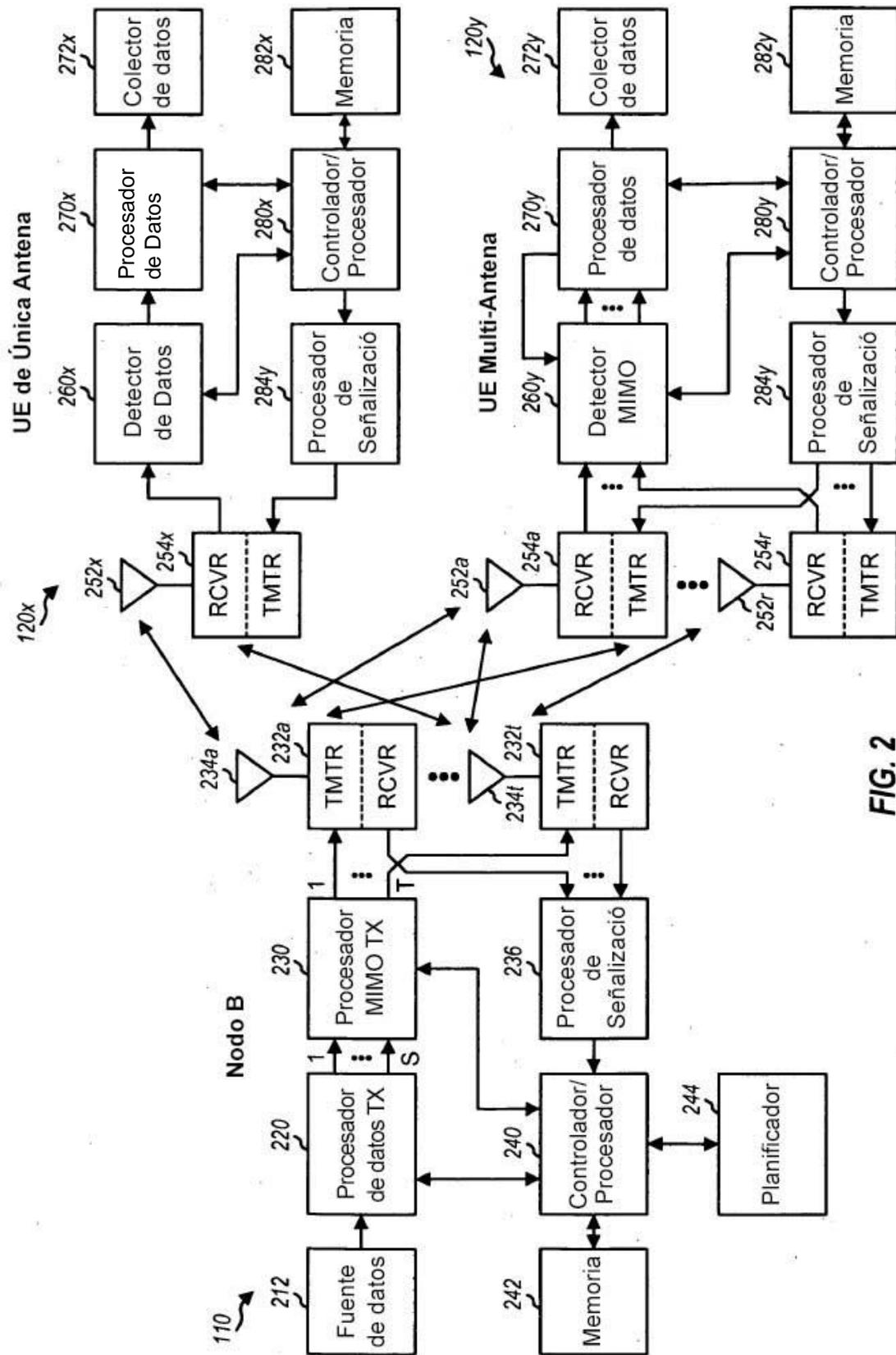


FIG. 2



FIG. 3



FIG. 4

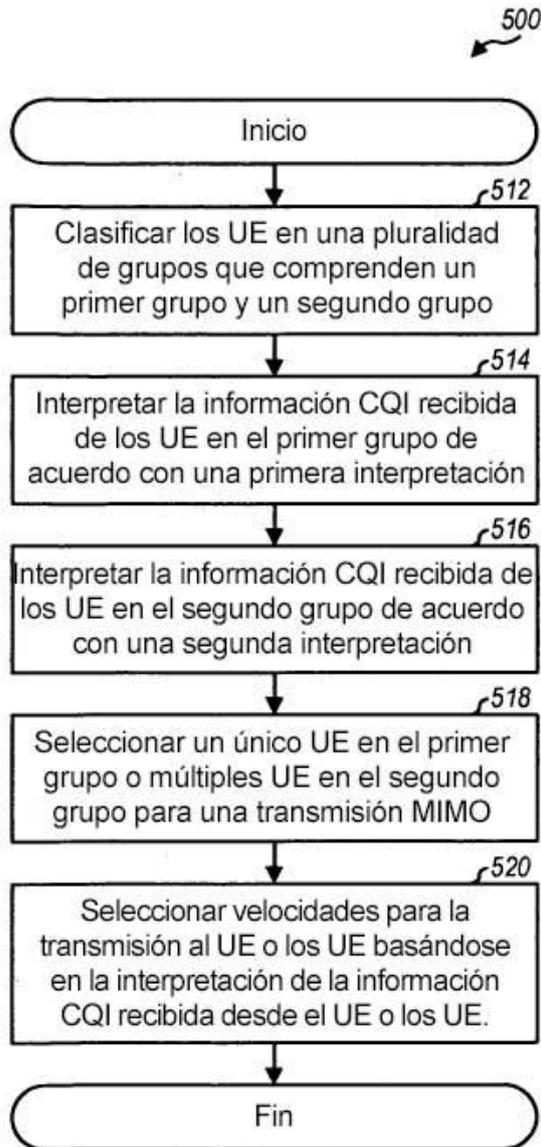


FIG. 5

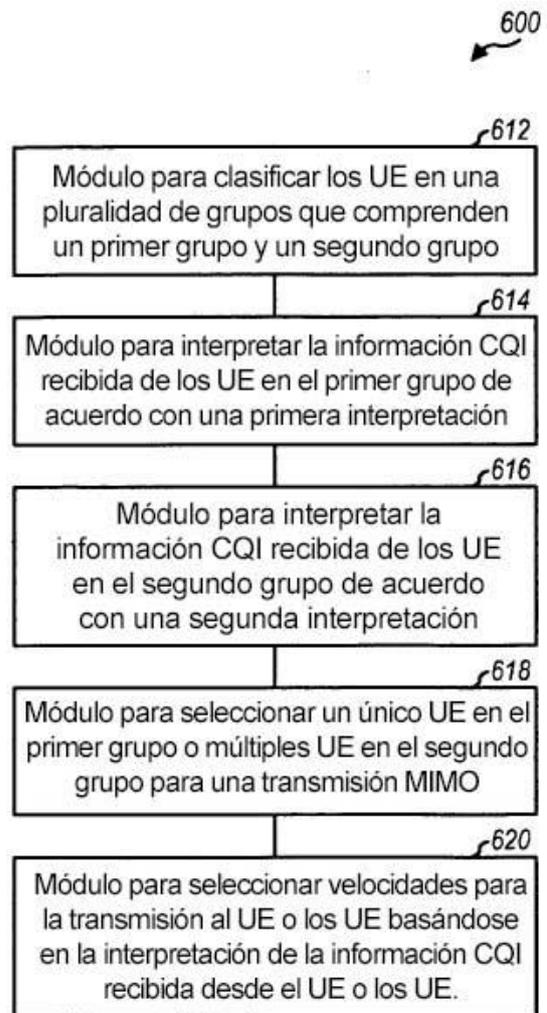


FIG. 6

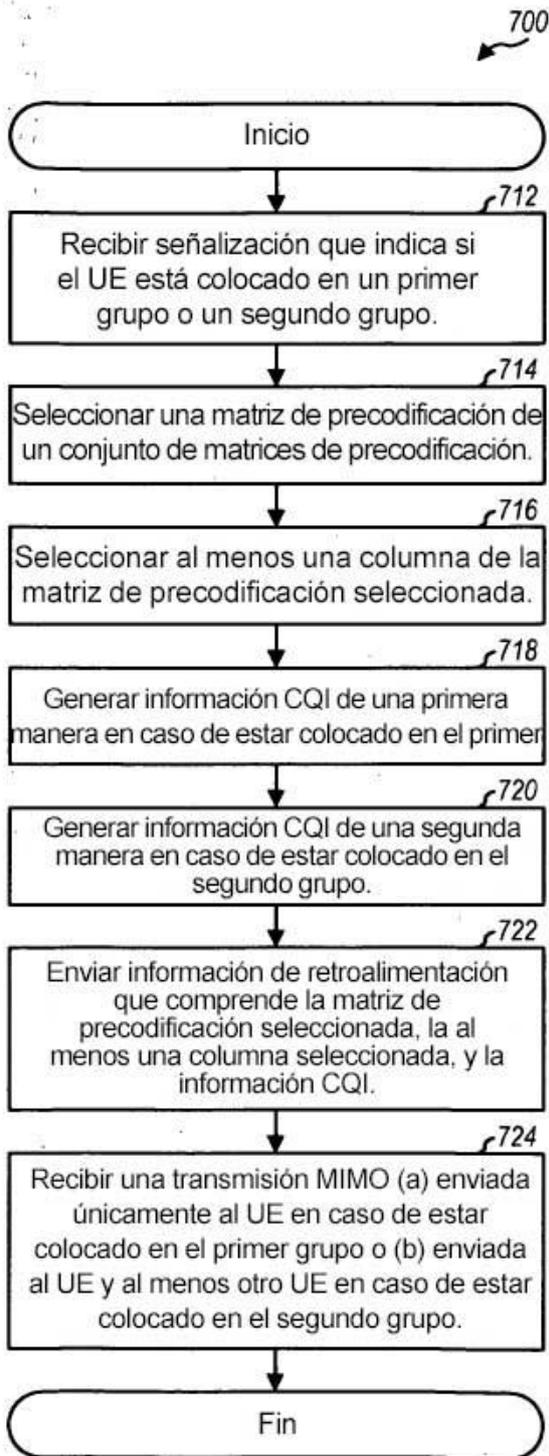


FIG. 7

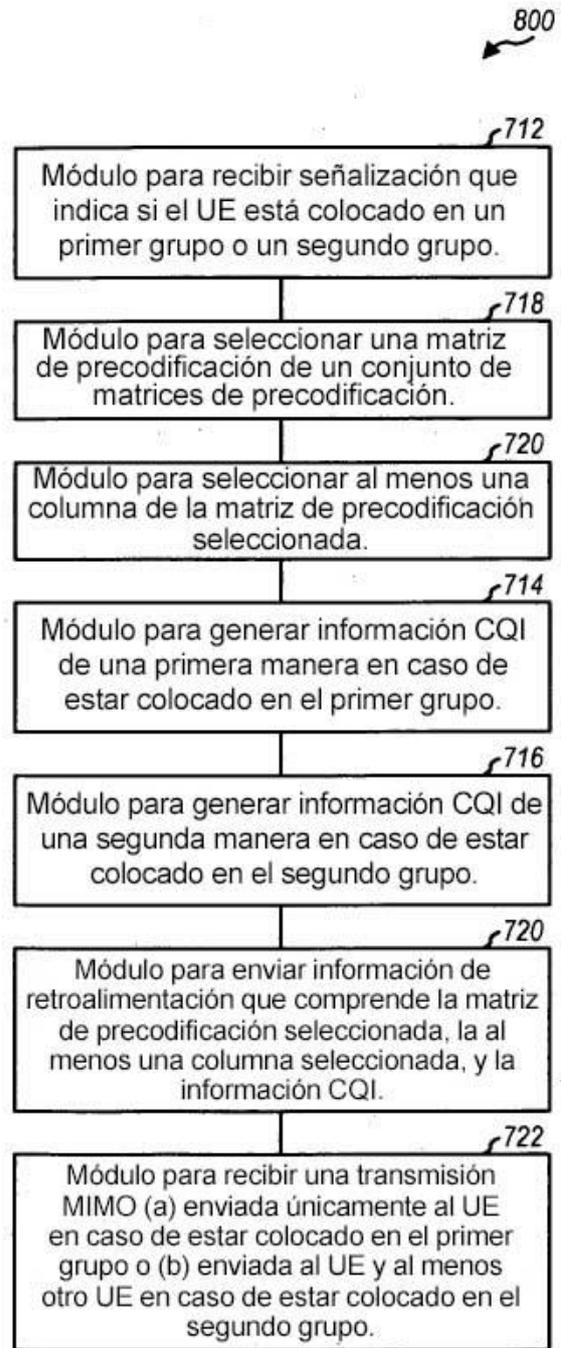


FIG. 8