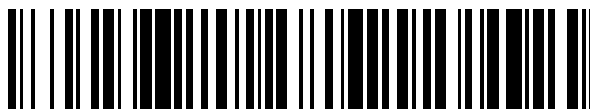


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 642 046**

51 Int. Cl.:

H04B 7/0417 (2007.01)

H04B 7/06 (2006.01)

H04L 5/14 (2006.01)

H04L 25/02 (2006.01)

H04L 25/03 (2006.01)

H04B 7/04 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.08.2008** **PCT/US2008/073386**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.07.2017** **WO09023860**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.08.2008** **E 08798030 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.07.2017** **EP 2179517**

54 Título: **Procedimiento y aparato de transmisión de datos en un sistema de comunicación MIMO**

30 Prioridad:

15.08.2007 US 956106 P

11.08.2008 US 189483

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

15.11.2017

73 Titular/es:

**QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)
ATTN: INTERNATIONAL IP ADMINISTRATION,
5775 MOREHOUSE DRIVE
SAN DIEGO, CALIFORNIA 92121-1714, US**

72 Inventor/es:

**SARKAR, SANDIP;
KIM, BYOUNG-HOON;
MALLADI, DURGA PRASAD y
MONTOJO, JUAN**

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 642 046 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

Procedimiento y aparato de transmisión de datos en un sistema de comunicación MIMO

- 5 **[0001]** La presente solicitud reivindica la prioridad de la Solicitud Provisional de Estados Unidos N.º de Serie 60/956 106, titulada "BEAM-FORMING FOR TDD IN LTE. (FORMACIÓN DE HAZ PARA TDD EN LTE.)", presentada el 15 de agosto de 2007.

ANTECEDENTES

I. Campo

[0002] La presente divulgación se refiere en general a la comunicación y, de forma más específica, a técnicas para transmitir datos en un sistema de comunicación inalámbrica.

II. Antecedentes

[0003] En un sistema de comunicación inalámbrica, un transmisor puede utilizar múltiples (T) antenas de transmisión para la transmisión de datos a un receptor equipado con múltiples (R) antenas de recepción. Las múltiples antenas de transmisión y recepción forman un canal de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) que puede utilizarse para aumentar el rendimiento y/o mejorar la fiabilidad. Por ejemplo, el transmisor puede transmitir hasta T flujos de símbolos simultáneamente desde las T antenas de transmisión para mejorar el rendimiento. De forma alternativa, el transmisor puede transmitir un único flujo de símbolos desde todas las T antenas de transmisión para mejorar la recepción por parte del receptor. En cualquier caso, es deseable transmitir datos de manera que se consiga un buen rendimiento. El documento US 2007099578 divulga un sistema de comunicación inalámbrica que soporta múltiples modos de transmisión MIMO que soportan tanto transmisiones de diversidad como direccionales bajo una pluralidad de modos de transmisión diferentes que comprenden una pluralidad de elementos de antena de transmisión y recepción donde los elementos de antena de transmisión están dispuestos para proporcionar diversidad de polarización.

RESUMEN

[0004] De acuerdo con la presente invención, se proporciona un procedimiento de transmisión de datos de acuerdo con la reivindicación 1, un aparato de transmisión de acuerdo con la reivindicación 11, un producto de programa informático de acuerdo con la reivindicación 12, un procedimiento de recepción de datos de acuerdo con la reivindicación 13 y un aparato de recepción de acuerdo con la reivindicación 20. En el presente documento se describen técnicas para enviar transmisión MIMO en sistemas de comunicación inalámbrica. Las técnicas pueden utilizarse para sistemas duplexados por división de frecuencia (FDD) y por división en tiempo (TDD).

[0005] En un diseño, un transmisor puede enviar una primera señal de referencia a través de un primer enlace. El transmisor puede ser un nodo B para la transmisión de datos en el enlace descendente o un equipo de usuario (UE) para la transmisión de datos en el enlace ascendente. El transmisor puede recibir información de indicador de calidad de canal (CQI) determinada por un receptor basándose en la primera señal de referencia. El transmisor también puede recibir una segunda señal de referencia a través de un segundo enlace desde el receptor. El transmisor puede obtener al menos una matriz de canales MIMO para el primer enlace basándose en la segunda señal de referencia recibida a través del segundo enlace. El transmisor puede determinar al menos una matriz de precodificación basándose en la al menos una matriz de canales MIMO. El transmisor puede entonces enviar una transmisión de datos al receptor basándose en la al menos una matriz de precodificación y la información de CQI.

[0006] En un diseño, el transmisor puede llevar a cabo la descomposición de valor singular de la al menos una matriz de canales MIMO para obtener al menos una matriz de vectores propios. El transmisor puede determinar entonces la al menos una matriz de precodificación basándose en la al menos una matriz de vectores propios. En otro diseño, el transmisor puede formar al menos una matriz de pseudo-haz basándose en la al menos una matriz de canales MIMO. El transmisor puede realizar la descomposición QR de la al menos una matriz de pseudo-haz para obtener al menos una matriz de vectores ortogonales. El transmisor puede entonces determinar la al menos una matriz de precodificación basándose en la al menos una matriz de vectores ortogonales.

[0007] Para la transmisión de datos en el enlace descendente, la primera señal de referencia puede ser una señal de referencia específica de célula enviada por un nodo B en el enlace descendente, y la segunda señal de referencia puede ser una señal de referencia de sondeo enviada por un UE en el enlace ascendente. Para la transmisión de datos en el enlace ascendente, la primera señal de referencia puede ser una señal de referencia de sondeo enviada por un UE en el enlace ascendente y la segunda señal de referencia puede ser una señal de referencia específica de célula enviada por un nodo B en el enlace descendente. Una señal de referencia es una señal que es conocida *a priori* tanto por un transmisor como por un receptor. Una señal de referencia también puede denominarse piloto, preámbulo, sondeo, etc.

[0008] A continuación se describen en más detalle diversos aspectos y características de la divulgación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

5 [0009]

La FIG. 1 muestra un sistema de comunicación inalámbrica.

La FIG. 2A muestra una estructura de trama de ejemplo para FDD.

10

La FIG. 2B muestra una estructura de trama de ejemplo para TDD.

La FIG. 3A muestra una señal de referencia específica de célula enviada por un nodo B.

15

La FIG. 3B muestra una señal de referencia de sondeo enviada por un UE.

La FIG. 4 muestra un diagrama de bloques de un nodo B y un UE.

La FIG. 5 muestra un proceso para enviar una transmisión MIMO.

20

La FIG. 6 muestra un aparato para enviar una transmisión MIMO.

La FIG. 7 muestra un proceso para recibir una transmisión MIMO.

25

La FIG. 8 muestra un aparato para recibir una transmisión MIMO.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0010] Las técnicas descritas en el presente documento pueden utilizarse para varios sistemas de comunicación inalámbrica, tales como 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), sistemas FDMA ortogonal (OFDMA), sistemas FDMA de única portadora (SC-FDMA) y otros sistemas. Los términos "sistema" y "red" pueden intercambiarse frecuentemente. Un sistema CDMA puede implementar una tecnología de radio, tal como el Acceso Radioeléctrico Terrestre Universal (UTRA), cdma2000, etc. UTRA incluye CDMA de Banda Ancha (WCDMA) y otras variantes de CDMA. cdma2000 cubre las normas IS-2000, IS-95 e IS-856. Un sistema TDMA puede implementar una tecnología de radio tal como el Sistema Global de Comunicaciones Móviles (GSM). Un sistema OFDMA puede implementar una tecnología de radio tal como UTRA Evolucionado (E-UTRA), Banda ultra-ancha móvil (UMB), IEEE 802.11 (Wi-Fi), IEEE 802.16 (WiMAX), IEEE 802.20, Flash-OFDM®, etc. UTRA y E-UTRA son parte del Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS). La Evolución a Largo Plazo (LTE) de 3GPP es una nueva versión de UMTS que usa E-UTRA, que utiliza OFDMA en el enlace descendente y SC-FDMA en el enlace ascendente. UTRA, E-UTRA, UMTS, LTE y GSM se describen en documentos de una organización llamada "Proyecto de Asociación de Tercera Generación" (3GPP). cdma2000 y UMB se describen en documentos de una organización llamada "Segundo Proyecto de Asociación de Tercera Generación" (3GPP2). Para mayor claridad, ciertos aspectos de las técnicas se describen a continuación para transmisión de datos en LTE, usándose la terminología de LTE en gran parte de la siguiente descripción.

[0011] La FIG. 1 muestra un sistema de comunicación inalámbrica 100, que puede ser un sistema LTE. El sistema 100 puede incluir varios nodos B 110 y otras entidades de red. Un nodo B puede ser una estación fija que establece comunicación con los UE y también puede denominarse nodo evolucionado (eNB), estación base, punto de acceso, etc. Cada nodo B 110 proporciona cobertura de comunicación para un área geográfica particular. Para mejorar la capacidad del sistema, el área de cobertura total de un nodo B puede dividirse en múltiples (por ejemplo, tres) áreas más pequeñas. Cada área más pequeña puede recibir servicio de un subsistema de nodo B respectivo (BTS). En 3GPP, el término "célula" puede referirse al área de cobertura más pequeña de un nodo B y/o un subsistema de nodo B que da servicio a esta área de cobertura. En 3GPP2, el término "sector" puede referirse al área de cobertura más pequeña de una estación base y/o un subsistema de estación base que da servicio a esta área de cobertura. Para mayor claridad, el concepto de célula de 3GPP se usa en la descripción siguiente.

[0012] Los UE 120 pueden dispersarse por todo el sistema, y cada UE puede ser fijo o móvil. Un UE puede denominarse también estación móvil, terminal, terminal de acceso, unidad de abonado, estación, etc. Un UE puede ser un teléfono móvil, un asistente digital personal (PDA), un módem inalámbrico, un dispositivo de comunicación inalámbrica, un dispositivo manual, un ordenador portátil, un teléfono sin cable, etc. Un UE puede comunicarse con un nodo B mediante el enlace descendente y el enlace ascendente. El enlace descendente (o enlace directo) se refiere al enlace de comunicación desde el nodo B hasta el UE, y el enlace ascendente (o enlace inverso) se refiere al enlace de comunicación desde el UE hasta el nodo B.

65

[0013] LTE utiliza multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) en el enlace descendente y

multiplexación por división de frecuencia de portadora única (SC-FDM) en el enlace ascendente. OFDM y SC-FDM dividen el ancho de banda del sistema en múltiples (K) sub-portadoras ortogonales, que también se denominan habitualmente tonos, bins, etc. Cada sub-portadora se puede modular con datos. En general, los símbolos de modulación se envían en el dominio de la frecuencia con OFDM y en el dominio del tiempo con SC-FDMA. La separación entre sub-portadoras adyacentes puede ser fija, y el número total de sub-portadoras (K) puede depender del ancho de banda del sistema. Por ejemplo, K puede ser igual a 128, 256, 512, 1024 o 2048 para anchos de banda del sistema de 1,25, 2,5, 5, 10 o 20 MHz, respectivamente.

[0014] Las sub-portadoras totales K pueden estar agrupadas en bloques de recursos. Cada bloque de recursos puede incluir N sub-portadoras (por ejemplo, N = 12 sub-portadoras) en una ranura. Los bloques de recursos disponibles pueden ser asignados a UE para la transmisión de datos de tráfico e información de control. Las K sub-portadoras totales también se pueden dividir en sub-bandas. Cada sub-banda puede incluir 72 sub-portadoras en 6 bloques de recursos y puede cubrir 1,08 MHz.

[0015] El sistema puede utilizar FDD o TDD. Para FDD, al enlace descendente y al enlace ascendente se les pueden asignar canales de frecuencia separados, y la respuesta de canal para el enlace descendente puede no estar correlacionada con la respuesta de canal para el enlace ascendente. Para TDD, el enlace descendente y el enlace ascendente pueden compartir el mismo canal de frecuencia, y la respuesta del canal de enlace descendente puede correlacionarse con la respuesta del canal de enlace ascendente.

[0016] La FIG. 2A muestra una estructura de trama de ejemplo 200 de una estructura de trama de tipo 1 (FS1), que puede utilizarse para FDD en LTE. El cronograma de transmisión para cada enlace puede dividirse en unidades de tramas de radio. Cada trama de radio puede tener una duración predeterminada (por ejemplo, 10 milisegundos (ms)) y puede dividirse en 10 sub-tramas con índices de 0 a 9. Cada sub-trama puede incluir dos ranuras, y cada ranura puede incluir L períodos de símbolo, por ejemplo, L = 6 períodos de símbolo para un prefijo cíclico extendido o L = 7 períodos de símbolo para un prefijo cíclico normal.

[0017] Para FDD, 10 sub-tramas pueden estar disponibles para transmisión de enlace descendente y 10 sub-tramas pueden estar disponibles para transmisión de enlace ascendente en cada trama de radio. Las transmisiones de enlace descendente y de enlace ascendente están separadas en el dominio de la frecuencia.

[0018] La FIG. 2B muestra una estructura de trama de ejemplo 250 de una estructura de trama de tipo 2 (FS2), que se puede utilizar para TDD en LTE. La línea de tiempo de transmisión puede dividirse en unidades de tramas de radio. Cada trama de radio puede tener una duración de 10 ms y puede dividirse en 10 sub-tramas con índices de 0 a 9. LTE admite múltiples configuraciones de enlace descendente - enlace ascendente. Pueden utilizarse las sub-tramas 0 y 5 para el enlace descendente (DL) y puede utilizarse la sub-trama 2 para el enlace ascendente (UL) para todas las configuraciones de enlace descendente - enlace ascendente. Puede utilizarse cada una de las sub-tramas 3, 4, 7, 8 y 9 para el enlace descendente o enlace ascendente dependiendo de la configuración de enlace descendente - enlace ascendente. La sub-trama 1 puede incluir tres campos especiales compuestos por una ranura de tiempo piloto de enlace descendente (DwPTS) para señales de datos, control y sincronización, un período de guarda (GP) sin transmisión y una ranura de tiempo de piloto de enlace ascendente (UpPTS) para señales de referencia de sondeo y un canal de acceso aleatorio (RACH). La sub-trama 6 puede incluir solamente la DwPTS, o los tres campos especiales, o una sub-trama de enlace descendente dependiendo de la configuración de enlace descendente - enlace ascendente. DwPTS, GP y UpPTS pueden tener diferentes duraciones para diferentes configuraciones de sub-trama. Cada sub-trama que no se utiliza para los campos especiales se puede dividir en dos ranuras, y cada ranura puede incluir L períodos de símbolo.

[0019] Las estructuras de trama 200 y 250 se describen en 3GPP TS 36.211, titulado "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Channels and Modulation" ("Acceso radio terrestre universal evolucionado (E-UTRA); canales físicos y modulación"), que está disponible al público.

[0020] El sistema puede soportar varias señales de referencia para el enlace descendente y el enlace ascendente. Una señal de referencia puede ser utilizada por un receptor para diversos propósitos tales como estimación de canal, desmodulación coherente, medición de calidad de canal, medición de intensidad de señal, etc. La tabla 1 enumera algunas señales de referencia que pueden transmitirse en el enlace descendente y en enlace ascendente y proporciona una breve descripción para cada señal de referencia. Una señal de referencia específica de célula también puede denominarse piloto común, piloto de banda ancha, etc.

Tabla 1

Enlace	Señal de referencia	Descripción
Enlace descendente	Señal de referencia específica de célula	Señal de referencia enviada por un nodo B y utilizada por los UE para la estimación de canal y medición de calidad de canal.

Enlace ascendente	Señal de referencia de sondeo	Señal de referencia enviada por un UE y utilizada por un nodo B para la estimación de canal y medición de calidad de canal.
-------------------	-------------------------------	---

[0021] Las señales de referencia pueden generarse de varias maneras. En un diseño, se puede generar una secuencia de señal de referencia específica de célula basándose en una secuencia pseudo-aleatoria, de la forma siguiente:

$$r_{csrs}(n) = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot [1 - 2 \cdot c(2n)] + j \frac{1}{\sqrt{2}} [1 - 2 \cdot c(2n+1)] , \quad \text{Ec. (1)}$$

donde $c(n)$ es una secuencia pseudo-aleatoria, y $r_{csrs}(n)$ es una secuencia de señal de referencia específica de célula.

[0022] La secuencia pseudo-aleatoria $c(n)$ puede generarse con un registro de desplazamiento de respuesta lineal (LFSR), que puede inicializarse a un valor determinado basándose en una identidad de célula (ID). En el diseño mostrado en la ecuación (1), la secuencia de señal de referencia específica de célula $r_{csrs}(n)$ está compuesta por símbolos de valor complejo, estando definido cada símbolo de valor complejo por dos símbolos consecutivos de la secuencia pseudo-aleatoria. La secuencia $r_{csrs}(n)$ se puede utilizar para generar la señal de referencia específica de célula.

[0023] Una señal de referencia de sondeo puede generarse basándose en una secuencia constante de auto correlación de amplitud cero (CAZAC) que tiene buenas propiedades de correlación. En un diseño, la secuencia de CAZAC es una secuencia de Zardoff-Chu que puede expresarse como:

$$x_q(n) = e^{-j\pi \cdot q \cdot n \cdot (n+1) / L} , \quad \text{Ec. (2)}$$

donde q es la raíz y L es la longitud de la secuencia de Zardoff-Chu, y $x_q(n)$ es la q -ésima secuencia de Zardoff-Chu de raíz.

[0024] L puede ser el mayor número primo inferior a la longitud deseada de una secuencia de señal de referencia de sondeo. La secuencia Zardoff-Chu se puede repetir según sea necesario para obtener una secuencia de base $r_b(n)$ de la longitud deseada, de la forma siguiente:

$$r_b(n) = x_q(n \bmod L) . \quad \text{Ec. (3)}$$

[0025] En otro diseño, una secuencia de base puede definirse de la forma siguiente:

$$r_b(n) = e^{j\varphi(n) \cdot \pi / 4} , \quad \text{Ec. (4)}$$

donde $\varphi(n)$ es un conjunto de fases definidas para obtener una secuencia CAZAC.

[0026] Para ambos diseños anteriores, la secuencia de señales de referencia de sondeo $r_{srs}(n)$ se puede obtener desplazando cíclicamente la secuencia de base $r_b(n)$, de la forma siguiente:

$$r_{srs}(n) = e^{j\alpha \cdot n} \cdot r_b(n) , \quad \text{Ec. (5)}$$

donde α es un desplazamiento cíclico asignado al UE. La secuencia $r_{srs}(n)$ se puede usar para generar la señal de referencia de sondeo.

[0027] Un nodo B puede enviar también una señal de referencia específica de UE a un UE. La generación de la señal de referencia específica de célula, la señal de referencia de sondeo y otras señales de referencia en LTE se describe en la norma 3GPP TS 36.211 mencionada anteriormente.

[0028] La FIG. 3A muestra una transmisión de ejemplo de una señal de referencia específica de célula desde cuatro antenas de 0 a 3 para una célula. En LTE, cada ranura incluye siete períodos de símbolo 0 a 6 para un prefijo cíclico normal. Una señal de referencia específica de célula puede transmitirse desde las antenas 0 y 1 en los períodos de símbolo 0 y 4 de cada ranura y desde las antenas 2 y 3 en el período de símbolo 1 de cada ranura.

[0029] La señal de referencia específica de célula puede transmitirse desde una antena dada en sub-portadoras que están separadas por seis sub-portadoras en cada período de símbolo en el que se transmite la señal de referencia. Además, ninguna otra señal puede ser transmitida por la célula sobre las sub-portadoras utilizadas para la señal de referencia específica de célula a fin de evitar interferencia con la señal de referencia específica de célula. Como se muestra en la FIG. 3A, la señal de referencia específica de célula puede ser transmitida desde la antena 0 en un primer conjunto de sub-portadoras en el período de símbolo 0 y en un segundo conjunto de sub-portadoras en el período de símbolo 4 de cada ranura. Las sub-portadoras en el segundo conjunto pueden estar separadas de las sub-portadoras en el primer conjunto por tres sub-portadoras. La señal de referencia específica de célula puede ser transmitida desde la antena 1 en el segundo conjunto de sub-portadoras en el período de símbolo 0 y en el primer conjunto de sub-portadoras en el período de símbolo 4 de cada ranura. La señal de referencia específica de célula puede ser transmitida desde la antena 2 en el primer conjunto de sub-portadoras en el período de símbolo 1 de cada ranura de número par y sobre el segundo conjunto de sub-portadoras en el período de símbolo 1 de cada ranura de número impar. La señal de referencia específica de célula puede ser transmitida desde la antena 3 en el segundo conjunto de sub-portadoras en el período de símbolo 1 de cada ranura de número par y en el primer conjunto de sub-portadoras en el período de símbolo 1 de cada ranura de número impar.

[0030] La FIG. 3B muestra un ejemplo de transmisión de una señal de referencia de sondeo en el enlace ascendente. La señal de referencia de sondeo puede ser transmitida en cada otra sub-portadora en un conjunto de sub-portadoras que pueden cubrir una sola sub-banda, múltiples sub-bandas o el ancho de banda entero del sistema. La señal de referencia de sondeo puede ser transmitida en el último período de símbolo de una sub-trama. La señal de referencia de sondeo puede ser transmitida en sub-bandas diferentes en sub-tramas diferentes, por ejemplo, mediante el ciclo a través de las sub-bandas y la transmisión de la señal de referencia de sondeo en una sub-banda diferente en cada sub-trama en la que se transmite la señal de referencia de sondeo. La señal de referencia de sondeo también puede ser transmitida desde diferentes antenas en un UE en diferentes sub-tramas, por ejemplo, haciendo un ciclo a través de las antenas y transmitiendo la señal de referencia de sondeo desde una antena diferente en cada sub-trama en la que se transmite la señal de referencia de sondeo.

[0031] La transmisión de la señal de referencia específica de célula y de la señal de referencia de sondeo se describe en la norma 3GPP TS 36.211 mencionada anteriormente.

[0032] La FIG. 4 muestra un diagrama de bloques de un diseño de un nodo B 110 y un UE 120, que puede ser uno de los nodos B y uno de los UE en la fig. 1. El nodo B 110 está equipado con múltiples (T) antenas 434a a 434t. El UE 120 está equipado con múltiples (R) antenas 452a a 452r. Gran parte de la descripción siguiente supone que cada antena puede utilizarse para la transmisión y recepción de datos.

[0033] En el nodo B 110, un procesador de transmisión 420 puede recibir datos de tráfico para uno o más UE desde una fuente de datos 412, procesar (por ejemplo, codificar y modular) los datos de tráfico para cada UE basándose en uno o más esquemas de modulación y codificación (MCS) para ese UE, y proporcionar símbolos de datos para todos los UE. El procesador de transmisión 420 también puede generar símbolos de control para información / señalización de control. El procesador de transmisión 420 puede generar además símbolos de referencia para una o más señales de referencia, por ejemplo, una señal de referencia específica de célula. Un procesador MIMO 430 puede precodificar los símbolos de datos, los símbolos de control y los símbolos de referencia como se describe a continuación y puede proporcionar T flujos de símbolos de salida a T moduladores (MOD) 432a a 432t. Cada modulador 432 puede procesar su flujo de símbolos de salida (por ejemplo, para OFDM) para obtener un flujo de muestras de salida. Cada modulador 432 puede acondicionar adicionalmente (por ejemplo, convertir a analógico, filtrar, amplificar y aumentar en frecuencia) su flujo de muestras de salida y generar una señal de enlace descendente. T señales de enlace descendente de los moduladores 432a a 432t pueden transmitirse a través de antenas 434a a 434t, respectivamente.

[0034] En el UE 120, R antenas 452a a 452r pueden recibir las T señales de enlace descendente procedentes del nodo B 110, y cada antena 452 puede proporcionar una señal recibida a un desmodulador asociado (DESMOD) 454. Cada desmodulador 454 puede acondicionar (por ejemplo, filtrar, amplificar, disminuir en frecuencia y digitalizar) su señal recibida para obtener muestras y puede procesar adicionalmente las muestras (por ejemplo, para OFDM) para obtener símbolos recibidos. Cada desmodulador 454 puede proporcionar símbolos de datos recibidos y símbolos de control recibidos a un detector MIMO 460 puede y proporcionar símbolos de referencia recibidos a un procesador de canal 494. El procesador de canal 494 puede estimar el canal MIMO de enlace descendente desde el nodo B 110 al UE 120 basándose en los símbolos de referencia recibidos y puede proporcionar una estimación de canal MIMO de enlace descendente al detector MIMO 460. El detector MIMO 460 puede realizar detección de MIMO en los símbolos de datos recibidos y los símbolos de control recibidos basándose en la estimación de canal MIMO de enlace descendente y proporcionar estimaciones de símbolos, que son estimaciones de los símbolos transmitidos. Un procesador de recepción 470 puede procesar (por ejemplo, desmodular y descodificar) las estimaciones de símbolos, proporcionar datos de tráfico descodificados a un colector de datos 472 y proporcionar información de control descodificada a un controlador / procesador 490.

[0035] El UE 120 puede estimar la calidad del canal de enlace descendente y generar información de respuesta, que puede comprender diversos tipos de información descrita a continuación. La información de respuesta, datos de

tráfico de una fuente de datos 478 y una o más señales de referencia (por ejemplo, una señal de referencia de sondeo) pueden ser procesados (por ejemplo, codificadas y moduladas) por un procesador de transmisión 480 precodificados por un procesador MIMO 482 y procesados adicionalmente por los moduladores 454a a 454r para generar R señales de enlace ascendente, las cuales pueden ser transmitidas a través de las antenas 452a a 452r.

En el nodo B 110, las R señales de enlace ascendente del UE 120 pueden ser recibidas por las antenas 434a a 434t y procesadas por los desmoduladores 432a a 432t. Un procesador de canal 444 puede estimar el canal MIMO de enlace ascendente desde el UE 120 al nodo B 110 y puede proporcionar una estimación de canal MIMO de enlace ascendente al detector MIMO 436. El detector MIMO 436 puede realizar la detección de MIMO basándose en la estimación de canal MIMO de enlace ascendente y proporcionar estimaciones de símbolos. Un procesador de recepción 438 puede procesar las estimaciones de símbolos, proporcionar datos de tráfico descodificados a un colector de datos 439 y proporcionar información de respuesta descodificada a un controlador / procesador 440. El controlador / procesador 440 puede controlar la transmisión de datos hacia el UE 120 basándose en la información de respuesta.

[0036] Los controladores / procesadores 440 y 490 pueden dirigir el funcionamiento en el nodo B 110 y el UE 120, respectivamente. Las memorias 442 y 492 pueden almacenar datos y códigos de programa para el nodo B 110 y el UE 120, respectivamente. Un programador 446 puede seleccionar el UE 120 y/u otros UE para la transmisión de datos en el enlace descendente y/o en el enlace ascendente basándose en la información recibida de todos los UE. El planificador 446 también puede asignar recursos a los UE planificados.

[0037] El canal MIMO de enlace descendente formado por las T antenas en el nodo B 110 y las R antenas en el UE 120 puede estar caracterizado por una matriz de canales MIMO R x T $\mathbf{H}_{DL}(k)$ para cada sub-portadora k. $\mathbf{H}_{DL}(k)$ puede expresarse como:

$$\mathbf{H}_{DL}(k) = \begin{bmatrix} h_{1,1}(k) & h_{1,2}(k) & \cdots & h_{1,T}(k) \\ h_{2,1}(k) & h_{2,2}(k) & \cdots & h_{2,T}(k) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{R,1}(k) & h_{R,2}(k) & \cdots & h_{R,T}(k) \end{bmatrix}, \quad \text{Ec. (6)}$$

donde la entrada $h_{ij}(k)$, para $i = 1, \dots, R$ y $j = 1, \dots, T$, es una ganancia compleja entre la antena del nodo B j y la antena de UE i para la sub-portadora k.

[0038] El canal MIMO de enlace ascendente formado por las R antenas en el UE 120 y las T antenas en el nodo B 110 puede estar caracterizado por una matriz de canales MIMO $T \times R$ $\mathbf{H}_{UL}(k)$ para cada sub-portadora k. $\mathbf{H}_{UL}(k)$ puede tener la forma mostrada en la ecuación (6).

[0039] Para FDD, la matriz de canales MIMO de enlace descendente $\mathbf{H}_{DL}(k)$ puede no estar correlacionada con la matriz de canales MIMO de enlace ascendente $\mathbf{H}_{UL}(k)$. El nodo B puede estimar $\mathbf{H}_{UL}(k)$ basándose en la señal de referencia de sondeo transmitida por el UE. El nodo B puede enviar información de indicador de matriz de precodificación (PMI) obtenida de $\mathbf{H}_{UL}(k)$ al UE para precodificación en el enlace ascendente. De forma similar, el UE puede estimar $\mathbf{H}_{DL}(k)$ basándose en la señal de referencia específica de célula transmitida por el nodo B. El UE puede enviar información de PMI obtenida de $\mathbf{H}_{DL}(k)$ al nodo B para precodificación en el enlace descendente.

[0040] Para TDD, la matriz de canales MIMO de enlace descendente $\mathbf{H}_{DL}(k)$ puede estar correlacionada con la matriz de canales MIMO de enlace ascendente $\mathbf{H}_{UL}(k)$ y puede suponerse que son recíprocas entre sí, de modo que $\mathbf{H}_{UL}(k) = \mathbf{H}_{DL}^T(k)$, donde "T" denota una transposición. En este caso, el nodo B puede estimar $\mathbf{H}_{UL}(k)$ basándose en la señal de referencia de sondeo transmitida por el UE. El nodo B puede estimar $\mathbf{H}_{DL}(k)$ basándose en la estimación de $\mathbf{H}_{UL}(k)$ suponiendo la reciprocidad de canal. El nodo B puede entonces usar $\mathbf{H}_{DL}(k)$ para obtener información de PMI para el enlace descendente. De forma similar, el UE puede estimar $\mathbf{H}_{DL}(k)$ basándose en la señal de referencia específica de célula transmitida por el nodo B. El UE puede estimar $\mathbf{H}_{UL}(k)$ basándose en la estimación de $\mathbf{H}_{DL}(k)$ suponiendo la reciprocidad de canal. El UE puede entonces usar $\mathbf{H}_{UL}(k)$ para obtener información de PMI para el enlace ascendente.

[0041] Un canal MIMO del enlace descendente global se compone de las cadenas de transmisión para las T antenas en el nodo B, el canal MIMO del enlace descendente, y las cadenas de recepción para las R antenas en el UE. Un canal MIMO de enlace ascendente global está compuesto por las cadenas de transmisión para las R antenas en el UE, el canal MIMO de enlace ascendente y las cadenas de recepción para las T antenas en el nodo B. Para FDD, el canal MIMO de enlace descendente global para cada enlace puede estimarse basándose en una señal de referencia recibida a través de ese enlace. Para TDD, el canal MIMO de enlace descendente global puede no ser recíproco del canal MIMO de enlace ascendente global, incluso si $\mathbf{H}_{UL}(k) = \mathbf{H}_{DL}^T(k)$, debido a diferencias entre las respuestas de las cadenas de transmisión y recepción en el nodo B y el UE. Se puede realizar una calibración

para determinar una matriz de calibración que se puede aplicar (por ejemplo, en el nodo B) para tener en cuenta las diferencias entre las respuestas de las cadenas de transmisión y recepción en el nodo B y el UE. La calibración se puede realizar como se describe en la Solicitud de Patente de Estados Unidos comúnmente asignada n.º de serie 10/693169, titulada "CHANNEL CALIBRATION FOR A TIME DIVISION DUPLEXED COMMUNICATION SYSTEM (CALIBRACIÓN DE CANALES PARA UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN DUPLEXADA POR DIVISIÓN DE TIEMPO)", presentada el 23 de octubre de 2003. Con la matriz de calibración aplicada, se puede suponer que el canal MIMO de enlace descendente global es recíproco del canal MIMO de enlace ascendente global. Por simplicidad, la siguiente descripción supone que las cadenas de transmisión y recepción tienen respuestas planas, la matriz de cálculo es una matriz de identidad I, la matriz de canales MIMO de enlace descendente global es $\mathbf{H}_{DL}(k)$, la matriz de canales MIMO de enlace ascendente global es $\mathbf{H}_{UL}(k)$, y $\mathbf{H}_{UL}(k) = \mathbf{H}_{DL}^T(k)$ para TDD.

[0042] Por tanto FDD y TDD, el nodo B puede transmitir símbolo M flujos en capas M al UE, donde en general $1 \leq M \leq \min \{T, R\}$. Las capas pueden ser vistas como canales espaciales de un canal MIMO. De forma similar, el UE puede transmitir M flujos de símbolos sobre M capas al nodo B. El número de flujos de símbolos a enviar en el enlace ascendente puede o no ser igual al número de flujos de símbolos a enviar en el enlace descendente. Para mayor claridad, la transmisión de datos en el enlace descendente se describe a continuación.

[0043] Un buen rendimiento se puede lograr mediante la transmisión de datos en los modos propios de un canal MIMO. Los modos propios se pueden ver como canales espaciales ortogonales. Para transmitir datos sobre modos propios, el nodo B puede obtener una matriz de precodificación basándose en la formación de haz propio ideal o formación de pseudo-haz propio y, a continuación, puede realizar la precodificación con la matriz de precodificación. La tabla 2 resume las características de la formación de pseudo-haz propio y la formación de haz propio ideal.

Tabla 2

Tipo de formación de haz	Descripción
Formación de haz propio ideal	La matriz de precodificación se obtiene basándose en una matriz de canales MIMO.
Formación de pseudo-haz propio	La matriz de precodificación se obtiene basándose en una matriz de pseudo-haz.

[0044] Para una formación de haz propio ideal, la matriz de canales MIMO de enlace descendente $\mathbf{H}_{DL}(k)$ se puede diagonalizar con la descomposición de valores singular, de la forma siguiente:

$$\mathbf{H}_{DL}(k) = \mathbf{U}(k) \Sigma(k) \mathbf{V}^H(k), \quad \text{Ec. (7)}$$

donde $\mathbf{U}(k)$ es una matriz unitaria $R \times R$ de vectores propios izquierdos de $\mathbf{H}_{DL}(k)$, $\mathbf{V}(k)$ es una matriz unitaria $T \times T$ de vectores propios derechos de $\mathbf{H}_{DL}(k)$, $\Sigma(k)$ es una matriz diagonal $R \times T$ de valores singulares de $\mathbf{H}_{DL}(k)$, y " H " denota una transposición hermitiana o conjugada.

[0045] Una matriz unitaria tiene columnas que son ortogonales entre sí, y cada columna tiene energía de la unidad. Una matriz diagonal tiene posibles valores distintos a cero a lo largo de la diagonal y ceros en el resto. Los valores singulares en $\Sigma(k)$ son indicativos de las ganancias de canal de los modos propios de $\mathbf{H}_{DL}(k)$ obtenidos por descomposición de valores singulares. La matriz $\mathbf{V}(k)$ también puede denominarse una matriz de haz propio, una matriz de formación de haz, etc. La matriz de haz propio $\mathbf{V}(k)$ también puede obtenerse mediante la realización de la descomposición de valores propios de una matriz de covarianza de $\mathbf{H}_{DL}(k)$. La descomposición del valor propio puede expresarse como, $\mathbf{H}_{DL}^H(k) \mathbf{H}_{DL}(k) = \mathbf{V}(k) \Lambda(k) \mathbf{V}^H(k)$, donde $\Lambda(k) = \Sigma^H(k) \Sigma(k)$ y $\Lambda(k)$ es una matriz diagonal de valores propios de $\mathbf{H}_{DL}(k)$.

[0046] El nodo B puede transmitir datos en M modos propios al UE, donde $1 \leq M \leq \min \{T, R\}$. El número de modos propios (M) a utilizar para la transmisión de datos también puede denominarse el rango de la transmisión de datos.

[0047] Una matriz de precodificación $\mathbf{W}_{FIB}(k)$ puede estar formada basándose en M columnas de $\mathbf{V}(k)$ para los modos propios M. En un diseño, $\mathbf{W}_{IBF}(k)$ se puede formar de la forma siguiente:

$$\mathbf{W}_{IBF}(k) = [\mathbf{v}_1(k), \dots, \mathbf{v}_M(k)], \quad \text{Ec. (8)}$$

donde $\mathbf{v}_m(k)$ es la columna de $\mathbf{V}(k)$ para el m-ésimo modo propio seleccionado, para $m=1, \dots, M$, y $\mathbf{W}_{IBF}(k)$ es una matriz de precodificación $T \times M$ para la formación de haz propio ideal (IBF).

[0048] En otro diseño, un libro de códigos de matrices de precodificación puede estar soportado. $\mathbf{W}_{IBF}(k)$ se puede

formar basándose en una matriz de precodificación en el libro de códigos que más se aproxima a $\mathbf{V}(k)$, por ejemplo, tiene la distancia más cercana a $\mathbf{V}(k)$.

[0049] El nodo B puede llevar a cabo escalado de símbolos y precodificación para formación de haz propio ideal de la forma siguiente:

$$\mathbf{x}_{\text{IBF}}(k) = \mathbf{W}_{\text{IBF}}(k) \mathbf{G}(k) \mathbf{d}(k) , \quad \text{Ec. (9)}$$

donde $\mathbf{d}(k)$ es un vector $M \times 1$ de símbolos de datos para enviar en la sub-portadora k ,
 $\mathbf{G}(k)$ es una matriz diagonal $M \times M$ de ganancias para los símbolos de datos, y
 $\mathbf{x}(k)$ es un vector $T \times 1$ de símbolos de salida para la sub-portadora k .

[0050] El UE puede obtener símbolos recibidos desde las R antenas, que pueden expresarse como:

$$\begin{aligned} \mathbf{r}(k) &= \mathbf{H}_{\text{DL}}(k) \mathbf{x}_{\text{IBF}}(k) + \mathbf{n}(k) \\ &= \mathbf{H}_{\text{DL}}(k) \mathbf{W}_{\text{IBF}}(k) \mathbf{G}(k) \mathbf{d}(k) + \mathbf{n}(k) \\ &= \mathbf{H}_{\text{EDL}}(k) \mathbf{d}(k) + \mathbf{n}(k) \end{aligned} \quad \text{Ec. (10)}$$

donde $\mathbf{H}_{\text{EDL}}(k) = \mathbf{H}_{\text{DL}}(k) \mathbf{W}_{\text{IBF}}(k) \mathbf{G}(k)$ es una matriz de canales $R \times M$ MIMO efectiva para la formación de haz propio ideal,

$\mathbf{r}(k)$ es un vector $R \times 1$ de símbolos recibidos para la sub-portadora k , y
 $\mathbf{n}(k)$ es un vector $R \times 1$ de ruido e interferencia para la sub-portadora k .

[0051] El ruido y la interferencia pueden tener una matriz de covarianza de $\mathbf{R}_{\text{nn}}(k) = E\{\mathbf{n}(k)\mathbf{n}^H(k)\}$, donde $E\{\}$ indica una expectativa. Se puede suponer que el ruido y la interferencia son ruido gaussiano blanco aditivo (AWGN) con un vector medio cero y una matriz de covarianza de, $\mathbf{R}_{\text{nn}}(k) = \sigma_n^2 \mathbf{I}$, donde σ_n^2 es la varianza del ruido y la interferencia.

[0052] El UE puede realizar la detección de MIMO basándose en error cuadrático medio mínimo (MMSE), ecualización forzada a cero, MMSE con cancelación de interferencia sucesiva, o alguna otra técnica de detección de MIMO. Para MMSE, el UE puede obtener una matriz de detección $M \times R$ $\mathbf{M}(k)$ para cada sub-portadora k , de la forma siguiente:

$$\mathbf{M}(k) = \mathbf{D}(k) [\mathbf{H}_{\text{EDL}}^H(k) \mathbf{H}_{\text{EDL}}(k) + \mathbf{R}_{\text{nn}}(k)]^{-1} \mathbf{H}_{\text{EDL}}^H(k) , \quad \text{Ec. (11)}$$

donde $\mathbf{Z}(k) = [\mathbf{H}_{\text{EDL}}^H(k) \mathbf{H}_{\text{EDL}}(k) + \mathbf{R}_{\text{nn}}(k)]^{-1} \mathbf{H}_{\text{EDL}}^H(k) \mathbf{H}_{\text{EDL}}(k)$, y

$\mathbf{D}(k) = [\text{diag } \mathbf{Z}(k)]^{-1}$ es una matriz diagonal de valores de escalado para obtener estimaciones de símbolos normalizados.

[0053] El UE puede realizar la detección de MIMO de la forma siguiente:

$$\hat{\mathbf{d}}(k) = \mathbf{M}(k) \mathbf{r}(k) , \quad \text{Ec. (12)}$$

donde $\mathbf{d}(k)$ es un vector $M \times 1$ de estimaciones de símbolos para la sub-portadora k . $\hat{\mathbf{d}}(k)$ es una estimación de $\mathbf{d}(k)$ enviada por el nodo B.

[0054] Una relación señal - ruido e interferencia (SINR) para cada modo propio puede expresarse como:

$$\text{SINR}_m(k) = \frac{z_m(k)}{1 - z_m(k)} , \quad m = 1, \dots, M , \quad \text{Ec. (13)}$$

donde $z_m(k)$ es el m -ésimo elemento diagonal de $\mathbf{Z}(k)$, y
 $\text{SINR}_m(k)$ es la SINR de modo propio m para la sub-portadora k .

[0055] En general, la SINR puede ser dependiente de la técnica de detección de MIMO utilizada por el UE. Diferentes técnicas de detección de MIMO pueden estar asociadas con diferentes ecuaciones para calcular SINR.

[0056] La predicción de rango puede realizarse (por ejemplo, mediante el UE) para determinar M modos propios que se utilizarán para la transmisión de datos. En un diseño de predicción de rango, se puede calcular un rendimiento global para cada combinación posible de modos propios que se pueden usar para la transmisión de datos. Para una hipótesis o combinación de modo propio dada, la potencia de transmisión disponible de P_{avail} puede asignarse a los modos propios M en esa combinación basándose en la asignación de potencia uniforme, de modo que $P_m = P_{\text{avail}} / M$ y P_m es la potencia de transmisión asignada a modo propio m . La asignación de potencia también puede basarse en el llenado de agua o en alguna otra técnica. La matriz de ganancia $\mathbf{G}(k)$ se puede calcular basándose en la potencia de transmisión asignada a los modos M propios. La matriz de ganancia $\mathbf{G}(k)$ puede incluir una ganancia distinta a cero para cada modo propio seleccionado y una ganancia cero para cada modo propio no seleccionado. La matriz de canales MIMO efectiva $\mathbf{H}_{\text{EDL}}(k)$ puede entonces determinarse basándose en la matriz de canales MIMO $\mathbf{H}_{\text{DL}}(k)$, la matriz de precodificación $\mathbf{W}_{\text{IBF}}(k)$ y la matriz de ganancia $\mathbf{G}(k)$. Las SINR de los modos M propios se pueden determinar basándose en la matriz de canales MIMO efectiva $\mathbf{H}_{\text{EDL}}(k)$ y la matriz de covarianza de ruido $\mathbf{R}_{\text{nn}}(k)$, como se ha descrito anteriormente. El rendimiento global para la hipótesis actual puede entonces determinarse basándose en las SINR de los M modos propios.

[0057] El cálculo descrito anteriormente se puede repetir para cada combinación posible de modos propios para obtener un rendimiento global para esa combinación. La combinación de modos propios con el caudal global más alto se puede seleccionar para la transmisión de datos. La predicción de rango se describe en la Solicitud de Patente de Estados Unidos comúnmente asignada n.º de serie 11/ 449 893, titulada "PREDICCIÓN DE RANGO RESISTENTE PARA UN SISTEMA MIMO", presentada el 9 de junio de 2006.

[0058] Para la transmisión de enlace descendente, el UE puede convertir la SINR de cada uno de los modos propios M en un valor de CQI basándose en una asignación predeterminada. El UE puede obtener información de CQI para los M modos propios, que puede comprender (i) un valor CQI para cada modo propio o (ii) un CQI base para el primer modo propio y un delta CQI para la diferencia entre los valores CQI de modos propios sucesivos. El UE puede enviar la información de CQI al nodo B. El nodo B puede seleccionar un esquema de modulación y codificación (MCS) para cada modo propio basándose en el valor CQI para ese modo propio.

[0059] Para formación de pseudo-haz, se puede formar una matriz de pseudo-haz para cada sub-portadora k , de la forma siguiente:

$$\mathbf{B}(k) = [\mathbf{h}_{\text{DL},1}(k), \dots, \mathbf{h}_{\text{DL},R}(k), \mathbf{b}_{R+1}(k), \dots, \mathbf{b}_T(k)] , \quad \text{Ec. (14)}$$

donde $\mathbf{h}_{\text{DL},i}(k)$ es un vector de canales $T \times 1$ para antena de UE i ,
 $\mathbf{b}_i(k)$ es un vector aleatorio $T \times 1$, y
 $\mathbf{B}(k)$ es una matriz de pseudo-haz $T \times T$.

[0060] En general, $\mathbf{B}(k)$ se pueden formar con cero o más vectores de canal en $\mathbf{H}_{\text{DL}}(k)$ para cero o más antenas de UE. Cada vector de canales $\mathbf{h}_{\text{DL},i}(k)$ puede corresponder a una fila de $\mathbf{H}_{\text{DL}}(k)$. Las columnas restantes de $\mathbf{B}(k)$ pueden ser vectores aleatorios, que pueden ser columnas de una matriz de transformada de Fourier discreta (DFT), una matriz de Hadamard o Walsh, o alguna otra matriz.

[0061] La descomposición QR de la matriz de pseudo-haz $\mathbf{B}(k)$ se puede realizar de la forma siguiente:

$$\mathbf{B}(k) = \mathbf{Q}(k) \mathbf{R}(k) , \quad \text{Ec. (15)}$$

donde $\mathbf{Q}(k)$ es una matriz ortonormal $T \times T$ que contiene T vectores ortogonales, y
 $\mathbf{R}(k)$ es una matriz triangular superior $T \times T$ con ceros por debajo de la diagonal.

$\mathbf{q}_i(k) = \frac{\mathbf{h}_{\text{DL},i}(k)}{\|\mathbf{h}_{\text{DL},i}(k)\|}$
 $\mathbf{Q}(k)$ puede incluir un vector para cada vector de canales utilizado para $\mathbf{B}(k)$.

[0062] Una matriz de precodificación $\mathbf{W}_{\text{PBF}}(k)$ puede formarse basándose en M columnas de $\mathbf{Q}(k)$ para M modos propios. En un diseño, $\mathbf{W}_{\text{PBF}}(k)$ puede formarse de la forma siguiente:

$$\mathbf{W}_{\text{PBF}}(k) = [\mathbf{q}_1(k), \dots, \mathbf{q}_M(k)] , \quad \text{Ec. (16)}$$

donde $\mathbf{q}_m(k)$ es la columna de $\mathbf{Q}(k)$ para el m -ésimo modo propio seleccionado, para $m = 1, \dots, M$, y

$\mathbf{W}_{\text{PBF}}(k)$ es una matriz de precodificación $T \times M$ para la formación de pseudo-haz propio (PBF).

[0063] En otro diseño, puede soportarse un libro de códigos de matrices de precodificación. $\mathbf{W}_{\text{PBF}}(k)$ se puede formar basándose en una matriz de precodificación en el libro de códigos que más se aproxima a $\mathbf{Q}(k)$.

[0064] El nodo B puede llevar a cabo precodificación y escalado de símbolos para formación de pseudo-haz propio de la forma siguiente:

$$\mathbf{x}_{\text{PBF}}(k) = \mathbf{W}_{\text{PBF}}(k) \mathbf{G}(k) \mathbf{d}(k) , \quad \text{Ec. (17)}$$

donde $\mathbf{x}_{\text{PBF}}(k)$ es un vector $T \times 1$ de símbolos de salida para la sub-portadora k .

[0065] El UE puede obtener símbolos recibidos de las R antenas, que pueden expresarse como:

$$\begin{aligned} \mathbf{r}(k) &= \mathbf{H}_{\text{DL}}(k) \mathbf{x}_{\text{PBF}}(k) + \mathbf{n}(k) \\ &= \mathbf{H}_{\text{DL}}(k) \mathbf{W}_{\text{PBF}}(k) \mathbf{G}(k) \mathbf{d}(k) + \mathbf{n}(k) \\ &= \mathbf{H}_{\text{EDL}}(k) \mathbf{d}(k) + \mathbf{n}(k) \end{aligned} \quad \text{Ec. (18)}$$

donde $\mathbf{H}_{\text{EDL}}(k) = \mathbf{H}_{\text{DL}}(k) \mathbf{W}_{\text{PBF}}(k) \mathbf{G}(k)$ es una matriz de canales MIMO $R \times M$ efectiva para formación de pseudo-haz propio.

[0066] El UE puede realizar detección de MIMO basándose en MMSE. El UE puede obtener una matriz de detección $\mathbf{M}(k)$ para cada sub-portadora k como se muestra en la ecuación (11). El UE puede entonces realizar una detección de MIMO en los símbolos recibidos como se muestra en la ecuación (12) para obtener estimaciones de símbolos.

[0067] La selección de rango puede realizarse (por ejemplo, mediante el UE) para seleccionar M modos propios que se utilizarán para la transmisión de datos en el enlace descendente. La predicción de rango puede realizarse como se ha descrito anteriormente, aunque con la matriz de precodificación $\mathbf{W}_{\text{PBF}}(k)$ obtenida basándose en $\mathbf{Q}(k)$ en lugar de $\mathbf{V}(k)$. La SINR de cada modo propio puede estimarse como se ha descrito anteriormente, aunque con la matriz de precodificación $\mathbf{W}_{\text{PBF}}(k)$ en lugar de $\mathbf{W}_{\text{IBF}}(k)$. El UE puede obtener información de CQI para los modos M propios basándose en las SINR de los modos propios y puede enviar la información de CQI al nodo B. El nodo B puede seleccionar un esquema de modulación y codificación para cada modo propio basándose en el valor CQI para ese modo propio.

[0068] La tabla 3 resume las señales de referencia y la información de respuesta enviada por el nodo B y el UE para la transmisión MIMO en el enlace descendente para formación de haz propio ideal y formación de pseudo-haz propio en sistemas FDD y TDD. El nodo B puede transmitir una señal de referencia específica de célula en el enlace descendente. El UE puede estimar el canal MIMO de enlace descendente basándose en la señal de referencia específica de célula. El UE puede obtener una matriz de precodificación para la formación de haz ideal o formación de pseudo-haz propio basándose en la estimación de canal MIMO de enlace descendente. El UE también puede realizar una predicción de rango y determinar el número de capas o flujos de símbolos (M) a enviar y el valor de CQI de cada capa basándose en la matriz de precodificación y otra información. Para FDD, el UE puede enviar información de respuesta que comprende información de CQI e información de PMI. El rango M puede estar (i) proporcionado explícitamente en la información de respuesta o (ii) proporcionado implícitamente por la dimensión de la matriz de precodificación y/o por el número de valores de CQI enviados por el UE. Para TDD, el UE puede enviar la misma información de respuesta que para FDD. De forma alternativa, el UE puede enviar una señal de referencia de sondeo, que puede ser utilizada por el nodo B para determinar la matriz de precodificación.

Tabla 3

FDD - Formación de haz propio ideal	TDD - Formación de haz propio ideal
El nodo B transmite una señal de referencia específica de célula en el enlace descendente	El nodo B transmite una señal de referencia específica de célula en el enlace descendente
El UE envía CQI, rango y PMI	El UE envía señales de referencia de CQI, rango y sondeo o PMI

FDD - Formación de pseudo-haz propio	TDD - Formación de pseudo-haz propio
El nodo B transmite una señal de referencia específica de célula en el enlace descendente	El nodo B transmite una señal de referencia específica de célula en el enlace descendente
El UE envía CQI, rango y PMI	El UE envía señales de referencia de CQI, rango y sondeo o PMI

[0069] La transmisión MIMO en el enlace ascendente con formación de haz propio ideal y formación de pseudo-haz propio en sistemas FDD y TDD puede realizarse de una manera análoga a la transmisión MIMO en el enlace descendente. El UE puede transmitir una señal de referencia de sondeo, que puede ser utilizada por el nodo B para estimar el canal MIMO de enlace ascendente. Para FDD, el nodo B puede enviar información de respuesta que comprende información de CQI y PMI. Para TDD, el nodo B puede enviar información de CQI e información de PMI o una señal de referencia específica de célula.

[0070] La FIG. 5 muestra un diseño de un proceso 500 para enviar datos en un sistema de comunicación inalámbrica. El proceso 500 puede ser realizado por un transmisor, que puede ser un nodo B para la transmisión de datos en el enlace descendente, un UE para la transmisión de datos en el enlace ascendente o alguna otra entidad.

[0071] El transmisor puede enviar una primera señal de referencia a través de un primer enlace a un receptor (bloque 512). El transmisor puede recibir información de CQI determinada por el receptor basándose en la primera señal de referencia (bloque 514). El transmisor puede recibir también una segunda señal de referencia a través de un segundo enlace desde el receptor (bloque 516). El transmisor puede obtener al menos una matriz de canales MIMO $H(k)$ para el primer enlace basándose en la segunda señal de referencia recibida a través del segundo enlace, suponiendo la reciprocidad de canal (bloque 518). El transmisor puede determinar al menos una matriz de precodificación basándose en la al menos una matriz de canales MIMO (bloque 520). El transmisor puede entonces enviar una transmisión de datos al receptor basándose en la al menos una matriz de precodificación y la información de CQI (bloque 522).

[0072] En un diseño de bloque 520, el transmisor puede llevar a cabo la descomposición de valor singular de la al menos una matriz de canales MIMO $H(k)$ para obtener al menos una matriz $V(k)$ de vectores propios, por ejemplo, como se muestra en la ecuación (7). El transmisor puede determinar la al menos una matriz de precodificación $W_{BF}(k)$ basándose en la al menos una matriz de vectores propios, por ejemplo, como se muestra en la ecuación (8). En otro diseño del bloque 520, el transmisor puede formar al menos una matriz de pseudo-haz $B(k)$ basándose en la al menos una matriz de canales MIMO, por ejemplo, como se muestra en la ecuación (14). El transmisor puede realizar la descomposición QR de la al menos una matriz de pseudo-haz para obtener al menos una matriz $Q(k)$ de vectores ortogonales, por ejemplo, como se muestra en la ecuación (15). El transmisor puede entonces determinar la al menos una matriz de precodificación $W_{PBF}(k)$ basándose en la al menos una matriz de vectores ortogonales, por ejemplo, como se muestra en la ecuación (16).

[0073] En un diseño de bloque 522, el transmisor puede realizar la codificación y modulación para la transmisión de datos basándose en la información de CQI. El transmisor puede realizar la precodificación para la transmisión de datos basándose en la al menos una matriz de precodificación, por ejemplo, como se muestra en la ecuación (9) o (17).

[0074] La FIG. 6 muestra un diseño de un aparato 600 para enviar datos en un sistema de comunicación inalámbrica. El aparato 600 incluye un módulo 612 para enviar una primera señal de referencia a través de un primer enlace a un receptor, un módulo 614 para recibir información de CQI determinada por el receptor basándose en la primera señal de referencia, un módulo 616 para recibir una segunda señal de referencia a través de un segundo enlace desde el receptor, un módulo 618 para obtener al menos una matriz de canales MIMO para el primer enlace basándose en la segunda señal de referencia recibida a través del segundo enlace, un módulo 620 para determinar al menos una matriz de precodificación basándose en la al menos una matriz de canales MIMO, un módulo 622 para enviar una transmisión de datos al receptor basándose en la al menos una matriz de precodificación y la información de CQI.

[0075] La FIG. 7 muestra un diseño de un proceso 700 para recibir datos en un sistema de comunicación inalámbrica. El proceso 700 puede ser realizado por un receptor, que puede ser un UE para la transmisión de datos en el enlace descendente, un nodo B para la transmisión de datos en el enlace ascendente o alguna otra entidad.

[0076] El receptor puede recibir una primera señal de referencia a través de un primer enlace desde un transmisor (bloque 712). El receptor puede determinar información de CQI basándose en la primera señal de referencia (bloque 714) y puede enviar la información de CQI al transmisor (bloque 716). El receptor también puede enviar una segunda señal de referencia a través de un segundo enlace (bloque 718). El receptor puede recibir una transmisión de datos enviada por el transmisor basándose en la información de CQI y al menos una matriz de precodificación, que puede ser determinada por el transmisor basándose en la segunda señal de referencia (bloque 720). El receptor

puede obtener al menos una matriz de canales MIMO $\mathbf{H}(k)$ para el primer enlace basándose en la primera señal de referencia (bloque 722). El receptor puede determinar al menos una matriz de detección $\mathbf{M}(k)$ basándose en la al menos una matriz de canales MIMO, por ejemplo, como se muestra en la ecuación (11) (bloque 724). El receptor puede realizar la detección de MIMO para la transmisión de datos recibida basándose en la al menos una matriz de detección, por ejemplo, como se muestra en la ecuación (12) (bloque 726).

[0077] En un diseño, el receptor puede realizar la descomposición de valor singular de la al menos una matriz de canales MIMO $\mathbf{H}(k)$ para obtener al menos una matriz $\mathbf{V}(k)$ de vectores propios. El receptor puede determinar al menos una matriz de precodificación $\mathbf{W}_{\text{IBF}}(k)$ basándose en la al menos una matriz de vectores propios. En otro diseño, el receptor puede formar al menos una matriz de pseudo-haz $\mathbf{B}(k)$ basándose en la al menos una matriz de canales MIMO. El receptor puede realizar la descomposición QR de la al menos una matriz de pseudo-haz para obtener al menos una matriz $\mathbf{Q}(k)$ de vectores ortogonales. El receptor puede entonces determinar al menos una matriz de precodificación $\mathbf{W}_{\text{PBF}}(k)$ basándose en la al menos una matriz de vectores ortogonales. Para ambos diseños, el receptor puede determinar la al menos una matriz de detección $\mathbf{M}(k)$ basándose adicionalmente en la al menos una matriz de precodificación. El receptor también puede determinar la información de CQI basándose en la al menos una matriz de precodificación.

[0078] Las FIGs. 5 y 7 pueden utilizarse para la transmisión de datos en el enlace descendente o el enlace ascendente. Para la transmisión de datos en el enlace descendente, la primera señal de referencia puede ser una señal de referencia específica de célula enviada en el enlace descendente, y la segunda señal de referencia puede ser una señal de referencia de sondeo enviada en el enlace ascendente. La información de CQI se puede enviar en al menos un símbolo SC-FDMA en el enlace ascendente. Al menos un símbolo OFDMA puede enviarse en el enlace descendente para la transmisión de datos. Para la transmisión de datos en el enlace ascendente, la primera señal de referencia puede ser una señal de referencia de sondeo enviada en el enlace ascendente y la segunda señal de referencia puede ser una señal de referencia específica de célula enviada en el enlace descendente. La información de CQI se puede enviar en al menos un símbolo OFDMA en el enlace descendente. Al menos un símbolo SC-FDMA puede ser enviado en el enlace ascendente para la transmisión de datos. La información de CQI también puede denominarse información de MCS, información de formato de transporte, información de formato de paquete, información de velocidad, información de respuesta, etc.

[0079] Para la transmisión de datos en el enlace descendente o enlace ascendente, una de las señales de referencia (por ejemplo, la señal de referencia específica de célula) puede generarse basándose en una secuencia pseudo-aleatoria, por ejemplo, como se muestra en la ecuación (1). La otra señal de referencia (por ejemplo, la señal de referencia de sondeo) puede generarse basándose en una secuencia CAZAC, por ejemplo, como se muestra en la ecuación (2) o (4). Las señales de referencia también pueden generarse de otras maneras. La primera señal de referencia puede ser enviada en sub-portadoras separadas por una primera separación. La segunda señal de referencia puede enviarse en sub-portadoras separadas por una segunda separación diferente de la primera separación, por ejemplo, como se muestra en las FIGs. 3A y 3B.

[0080] La FIG. 8 muestra un diseño de un aparato 800 para recibir datos en un sistema de comunicación inalámbrica. El aparato 800 incluye un módulo 812 para recibir una primera señal de referencia a través de un primer enlace desde un transmisor, un módulo 814 para determinar la información de CQI basándose en la primera señal de referencia, un módulo 816 para enviar la información de CQI al transmisor, un módulo 818 para enviar una segunda señal de referencia a través de un segundo enlace, un módulo 820 para recibir una transmisión de datos desde el transmisor, siendo enviada la transmisión de datos basándose en la información de CQI y al menos una matriz de precodificación determinada por el transmisor basándose en la segunda señal de referencia, un módulo 822 para obtener al menos una matriz de canales MIMO para el primer enlace basándose en la primera señal de referencia, un módulo 824 para determinar al menos una matriz de detección basándose en al menos una matriz de canales MIMO y un módulo 826 para realizar la detección de MIMO para la transmisión de datos recibida basándose en al menos una matriz de detección.

[0081] Los módulos en las FIGs. 6 y 8 pueden comprender procesadores, dispositivos electrónicos, dispositivos de hardware, componentes electrónicos, circuitos lógicos, memorias, etc., o cualquier combinación de los mismos.

[0082] Las técnicas de formación de haz propio que se describen en el presente documento pueden proporcionar ciertas ventajas. En primer lugar, la formación de haz propio puede proporcionar una SINR más alta, lo que puede dar lugar a una mayor velocidad de datos máxima, una mejor cobertura, etc. En segundo lugar, las técnicas pueden reducir la cantidad de respuesta enviada por el receptor al transmisor.

[0083] Los expertos en la técnica entenderán que la información y las señales pueden representarse usando cualquiera entre varias tecnologías y técnicas diferentes. Por ejemplo, los datos, las instrucciones, los comandos, la información, las señales, los bits, los símbolos y los chips que puedan haberse mencionado a lo largo de la descripción anterior pueden representarse mediante tensiones, corrientes, ondas electromagnéticas, campos o partículas magnéticos, campos o partículas ópticos o cualquier combinación de estos.

[0084] Los expertos en la técnica apreciarán además que los diversos bloques lógicos, módulos, circuitos y pasos

de algoritmo ilustrativos descritos en relación con la divulgación del presente documento pueden implementarse como hardware electrónico, software informático o combinaciones de ambos. Para ilustrar claramente esta intercambiabilidad de hardware y software, anteriormente se han descrito diversos componentes, bloques, módulos, circuitos y pasos ilustrativos, en general, en lo que respecta a su funcionalidad. Que dicha funcionalidad se implemente como hardware o software depende de la aplicación específica y las restricciones de diseño impuestas al sistema completo. Los expertos en la técnica pueden implementar la funcionalidad descrita de diferentes maneras para cada aplicación particular, pero no debería interpretarse que tales decisiones de implementación suponen apartarse del alcance de la presente invención.

[0085] Los diversos bloques lógicos, módulos y circuitos ilustrativos descritos en conexión con la divulgación en el presente documento pueden implementarse o realizarse con un procesador de uso general, con un procesador de señales digitales (DSP), con un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC), con una matriz de puertas programables por campo (FPGA) o con otro dispositivo de lógica programable, lógica de transistores o de puertas discretas, componentes de hardware discretos o con cualquier combinación de los mismos diseñada para realizar las funciones descritas en el presente documento. Un procesador de uso general puede ser un microprocesador pero, de forma alternativa, el procesador puede ser cualquier procesador, controlador, microcontrolador o máquina de estados convencional. Un procesador también puede implementarse como una combinación de dispositivos informáticos, por ejemplo, una combinación de un DSP y un microprocesador, una pluralidad de microprocesadores, uno o más microprocesadores junto con un núcleo de DSP o cualquier otra configuración de este tipo.

[0086] Los pasos de un procedimiento o algoritmo descrito en relación con la divulgación del presente documento pueden realizarse directamente en hardware, en un módulo de software ejecutado por un procesador o en una combinación de los dos. Un módulo de software puede residir en memoria RAM, memoria flash, memoria ROM, memoria EPROM, memoria EEPROM, registros, un disco duro, un disco extraíble, un CD-ROM o en cualquier otra forma de medio de almacenamiento conocida en la técnica. Un medio de almacenamiento a modo de ejemplo está conectado al procesador de tal manera que el procesador puede leer información de, y escribir información en, el medio de almacenamiento. De forma alternativa, el medio de almacenamiento puede estar integrado en el procesador. El procesador y el medio de almacenamiento pueden residir en un ASIC. El ASIC puede residir en un terminal de usuario. De forma alternativa, el procesador y el medio de almacenamiento pueden residir como componentes discretos en un terminal de usuario.

[0087] En uno o más diseños a modo de ejemplo, las funciones descritas pueden implementarse en hardware, software, firmware o en cualquier combinación de los mismos. Si se implementan en software, las funciones pueden almacenarse o transmitirse como una o varias instrucciones o código en un medio legible por ordenador. Los medios legibles por ordenador incluyen tanto medios de almacenamiento informático como medios de comunicación, incluido cualquier medio que facilite la transferencia de un programa informático de un lugar a otro. Un medio de almacenamiento puede ser cualquier medio disponible al que pueda accederse mediante un ordenador de propósito general o de propósito especial. A modo de ejemplo, y no de manera limitativa, 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 usarse para transportar o almacenar medios de código de programa deseado en forma de instrucciones o estructuras de datos y al que pueda accederse mediante un ordenador de propósito general o de propósito especial, o mediante un procesador de propósito general o de propósito especial. Además, cualquier conexión recibe adecuadamente la denominación de medios legibles por ordenador. Por ejemplo, si el software se transmite desde un sitio web, un servidor u otra fuente remota, usando un cable coaxial, un cable de fibra óptica, un par trenzado, una línea de abonado digital (DSL) o tecnologías inalámbricas tales como infrarrojos, radio y microondas, entonces el cable coaxial, el cable de fibra óptica, el par trenzado, la DSL o las tecnologías inalámbricas tales como infrarrojos, radio y microondas, se incluyen en la definición de medio. Los discos, tal como se usan en el presente documento, incluyen disco compacto (CD, Compact Disc), disco de láser, disco óptico, disco versátil digital (DVD, Digital Versatile Disc), disco flexible y el disco Blu-ray, donde algunos *discos* normalmente reproducen datos de manera magnética, mientras que otros *discos* reproducen los datos de manera óptica con láser. Las combinaciones de lo anterior deberían incluirse también dentro del alcance de los medios legibles por ordenador.

[0088] La anterior descripción de la invención se proporciona para permitir que cualquier experto en la técnica realice o use la divulgación. Diversas modificaciones a la invención resultarán fácilmente evidentes para los expertos en la técnica, y los principios genéricos definidos en el presente documento pueden aplicarse a otras variantes sin apartarse del alcance de la invención. Por tanto, la invención no pretende limitarse a los ejemplos y diseños descritos en el presente documento, sino que se le ha de conceder el alcance más amplio compatible con los principios y características novedosas dados a conocer en el presente documento.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de transmisión de datos en un sistema de comunicación MIMO, que comprende:

enviar (512) una primera señal de referencia a través de un primer enlace a un receptor;

recibir (514) información de indicador de calidad de canal, CQI, determinada por el receptor basándose en la primera señal de referencia;

recibir (516) una segunda señal de referencia a través de un segundo enlace desde el receptor;

obtener (518) al menos una matriz de canales de múltiples entradas y múltiples salidas, MIMO, para el primer enlace basándose en la segunda señal de referencia recibida a través del segundo enlace;

determinar (520) al menos una matriz de precodificación basándose en la al menos una matriz de canales MIMO; y

enviar (522) una transmisión de datos al receptor basándose en la al menos una matriz de precodificación y la información de CQI.

2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la determinación de la al menos una matriz de precodificación comprende:

realizar una descomposición de valor singular de la al menos una matriz de canales MIMO para obtener al menos una matriz de vectores propios, y
determinar la al menos una matriz de precodificación basándose en la al menos una matriz de vectores propios.

3. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la determinación de la al menos una matriz de precodificación comprende:

formar al menos una matriz de pseudo-haz basándose en la al menos una matriz de canales MIMO, realizar la descomposición QR de la al menos una matriz de pseudo-haz para obtener al menos una matriz de vectores ortogonales y determinar la al menos una matriz de precodificación basándose en la al menos una matriz de vectores ortogonales.

4. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el envío de la transmisión de datos comprende realizar codificación y modulación para la transmisión de datos basándose en la información de CQI, y realizar precodificación para la transmisión de datos basándose en la al menos una matriz de precodificación.

5. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el envío de la primera señal de referencia a través del primer enlace comprende el envío de una señal de referencia específica de célula a través de enlace descendente y en el que la recepción de la segunda señal de referencia a través del segundo enlace comprende recibir una señal de referencia de sondeo a través de enlace ascendente.

6. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el envío de la primera señal de referencia a través del primer enlace comprende el envío de una señal de referencia de sondeo a través de un enlace ascendente y en el que la recepción de la segunda señal de referencia a través del segundo enlace comprende la recepción de una señal de referencia específica de célula a través de enlace descendente.

7. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que una de las señales de referencia primera y segunda se genera basándose en una secuencia pseudo-aleatoria y en el que la otra de las primera y segunda señales de referencia se genera basándose en una secuencia de autocorrelación de cero de amplitud constante CAZAC.

8. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el envío de la primera señal de referencia comprende enviar la primera señal de referencia en sub-portadoras separadas por una primera separación, y en el que la recepción de la segunda señal de referencia comprende recibir la segunda señal de referencia en sub-portadoras separadas por una segunda separación diferente del primer espaciado.

9. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la recepción de la información de CQI comprende recibir al menos un símbolo de Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal de Portadora Única, SC-FDMA, que comprende la información de CQI, y en el que el envío de la transmisión de datos comprende el envío de al menos un símbolo de Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal, OFDMA, para la transmisión de datos.

10. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la recepción de la información de CQI comprende la recepción de al menos un símbolo de acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal, OFDMA, que comprende la información de CQI, y en el que el envío de la transmisión de datos comprende el envío de al menos un símbolo de Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal de Portadora Única, SC-FDMA, para la transmisión de datos.
- 5
11. Un aparato de transmisión para un sistema de comunicación MIMO, que comprende:
- medios (612) para enviar una primera señal de referencia a través de un primer enlace a un receptor;
- 10
- medios para recibir (614) información de indicador de calidad de canal, CQI, determinada por el receptor basándose en la primera señal de referencia;
- medios para recibir (616) una segunda señal de referencia a través de un segundo enlace desde el receptor;
- 15
- medios para obtener (618) al menos una matriz de canales de múltiples entradas y múltiples salidas, MIMO, para el primer enlace basándose en la segunda señal de referencia recibida a través del segundo enlace;
- 20
- medios para determinar (620) al menos una matriz de precodificación basándose en la al menos una matriz de canales MIMO; y
- medios para enviar (622) una transmisión de datos al receptor basándose en la al menos una matriz de precodificación y la información de CQI.
- 25
12. Un producto de programa informático, que comprende:
- un medio legible por ordenador, que comprende código para hacer que al menos un ordenador implemente el procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.
- 30
13. Un procedimiento para recibir datos en un sistema de comunicación MIMO, que comprende:
- recibir (712) una primera señal de referencia a través de un primer enlace desde un transmisor;
- 35
- determinar (714) información de indicador de calidad de canal, CQI, basándose en la primera señal de referencia;
- enviar (716) la información de CQI al transmisor;
- 40
- enviar (718) una segunda señal de referencia a través de un segundo enlace; y
- recibir (720) una transmisión de datos enviada por el transmisor basándose en la información de CQI y al menos una matriz de precodificación determinada por el transmisor basándose en al menos una matriz de canales MIMO obtenida basándose en la segunda señal de referencia.
- 45
14. El procedimiento según la reivindicación 13, que comprende además:
- obtener (722) al menos una matriz de canales de múltiples entradas y múltiples salidas, MIMO, basándose en la primera señal de referencia;
- 50
- determinar (724) al menos una matriz de detección basándose en al menos una matriz de canales MIMO; y
- realizar (726) la detección de MIMO para la transmisión de datos recibida basándose en la al menos una matriz de detección.
- 55
15. El procedimiento según la reivindicación 13, que comprende además:
- obtener (722) al menos una matriz de canales de múltiples entradas y múltiples salidas, MIMO, basándose en la primera señal de referencia;
- 60
- realizar una descomposición de valor singular de la al menos una matriz de canales MIMO para obtener al menos una matriz de vectores propios; y
- 65
- determinar al menos una matriz de precodificación basándose en la al menos una matriz de vectores

propios y en la que la determinación de la información de CQI comprende determinar la información de CQI basándose en al menos una matriz de precodificación.

- 5 16. El procedimiento según la reivindicación 13, que comprende además:

 obtener (722) al menos una matriz de canales de múltiples entradas y múltiples salidas, MIMO, basándose en la primera señal de referencia;

 formar al menos una matriz de pseudo-haz basándose en la al menos una matriz de canales MIMO; realizar la descomposición QR de la al menos una matriz de pseudo-haz para obtener al menos una matriz de vectores ortogonales; y determinar al menos una matriz de precodificación basándose en la al menos una matriz de vectores ortogonales, y en el que la determinación de la información de CQI comprende determinar la información de CQI basándose en la al menos una matriz de precodificación.
- 10 17. El procedimiento según la reivindicación 13, en el que una de las primera y segunda señales de referencia comprende una señal de referencia específica de célula enviada por un nodo B, y en el que la otra de la primera y segunda señales de referencia comprende una señal de referencia de sondeo enviada por un equipo de usuario, UE.
- 15 18. El procedimiento según la reivindicación 13, en el que una de las señales de referencia primera y segunda se genera basándose en una secuencia pseudo-aleatoria y en el que la otra de las primera y segunda señales de referencia se genera basándose en una secuencia de autocorrelación de cero de amplitud constante CAZAC.
- 20 19. El procedimiento según la reivindicación 13, en el que el envío de la información de CQI comprende enviar al menos un símbolo de Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal de Portadora Única, SC-FDMA, que comprende la información de CQI y en el que la recepción de la transmisión de datos comprende recibir al menos un símbolo de Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal, OFDMA, para la transmisión de datos.
- 25 20. Un aparato de recepción para un sistema de comunicación MIMO, que comprende: al menos un procesador configurado para recibir (812) una primera señal de referencia a través de un primer enlace desde un transmisor, para determinar (814) información de indicador de calidad de canal, CQI, basándose en la primera señal de referencia, para enviar (816) la información de CQI al transmisor, para enviar (818) una segunda señal de referencia a través de un segundo enlace y para recibir (820) una transmisión de datos enviada por el transmisor basándose en la información de CQI y al menos una matriz de precodificación determinada por el transmisor basándose en al menos una matriz de canales MIMO obtenida basándose en la segunda señal de referencia.
- 30 35

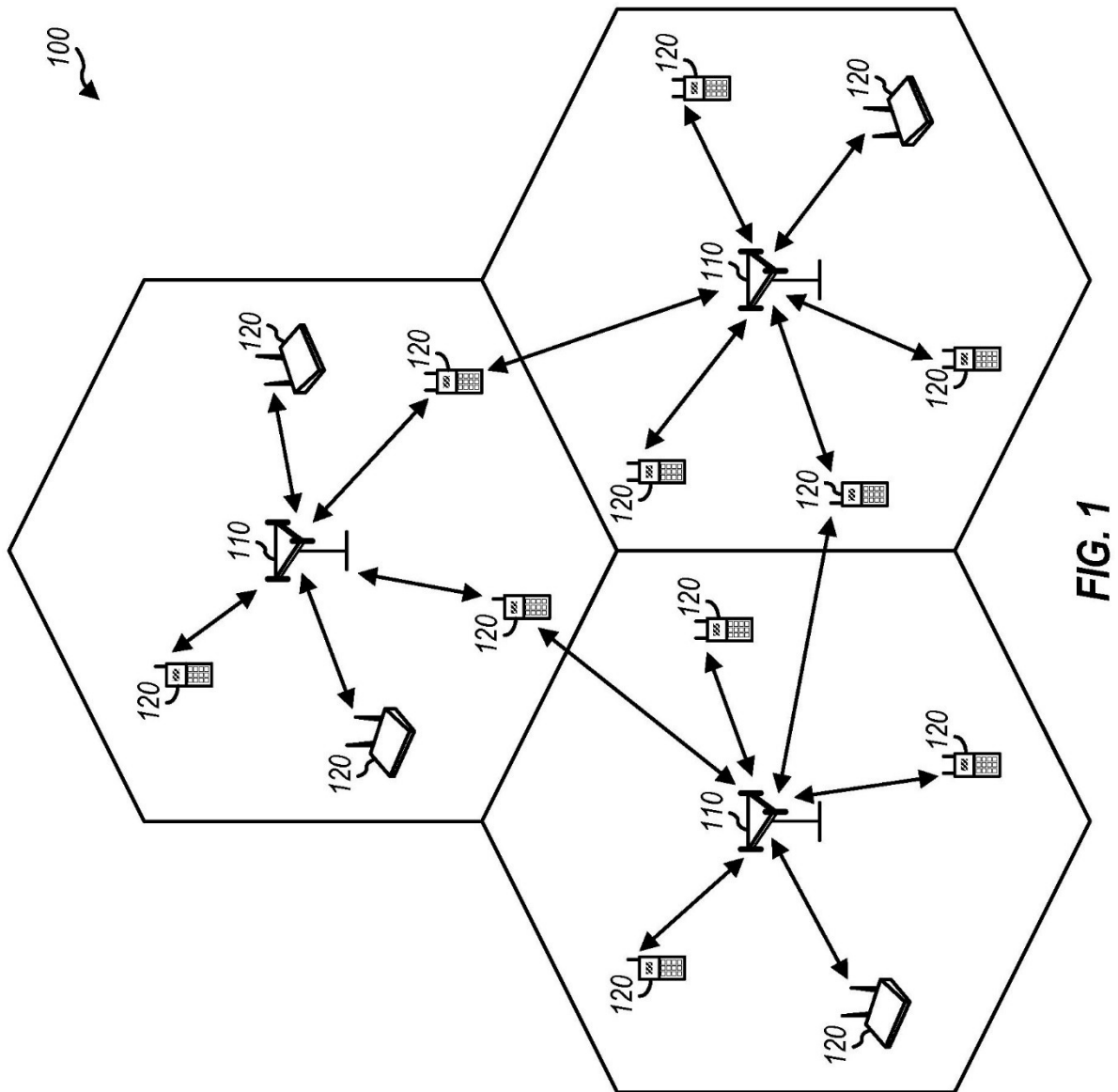
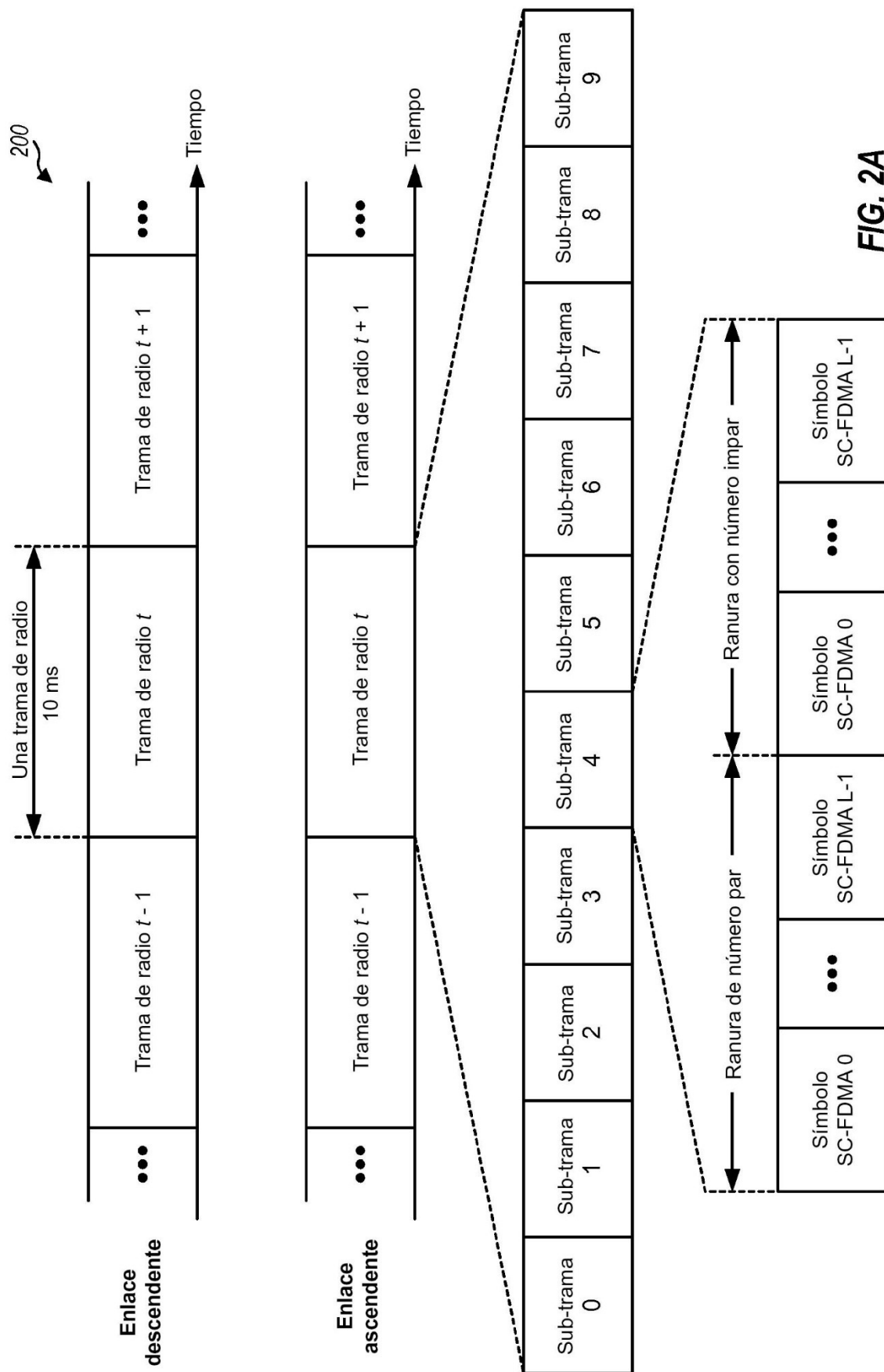


FIG. 1



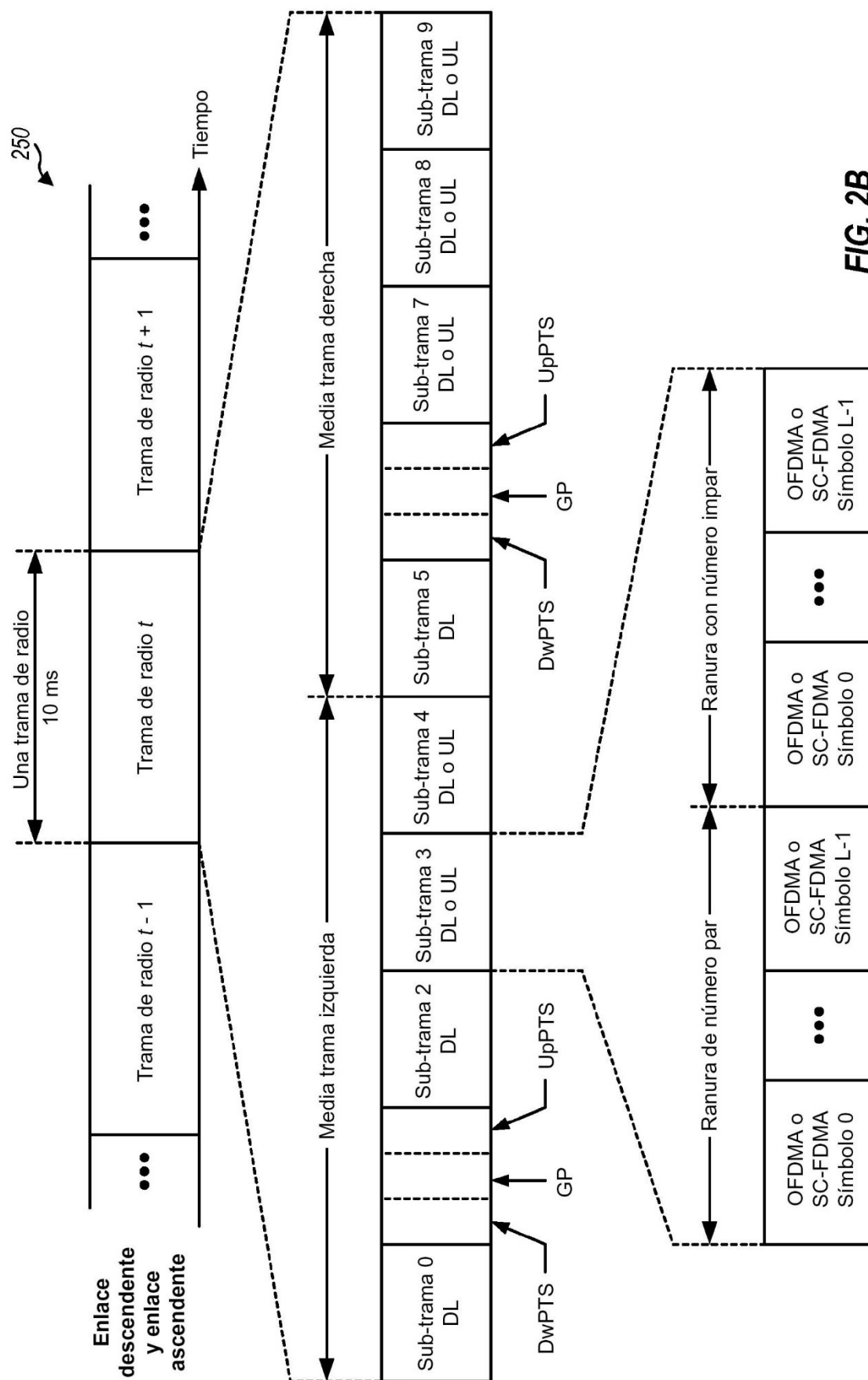


FIG. 2B

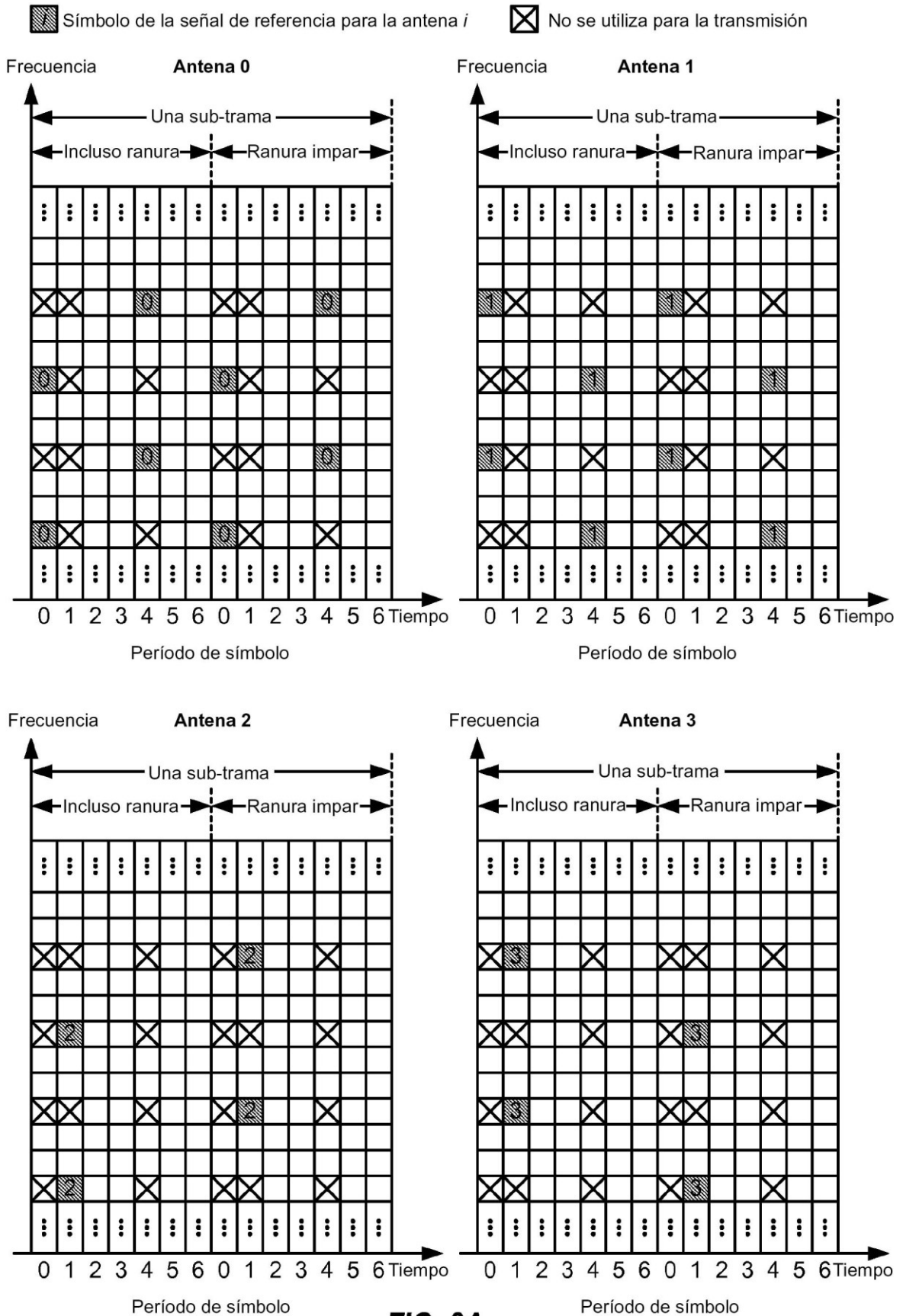


FIG. 3A

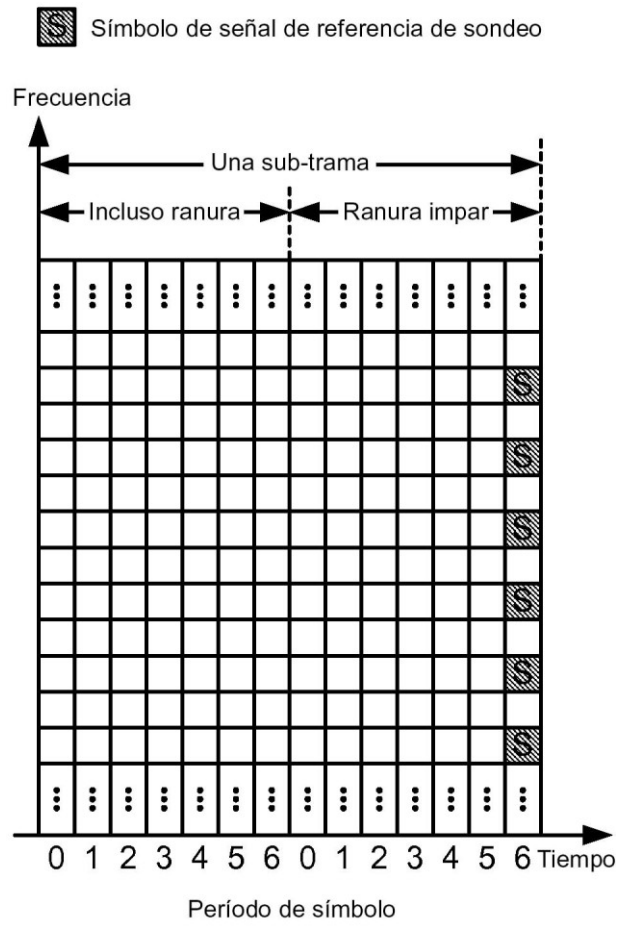


FIG. 3B

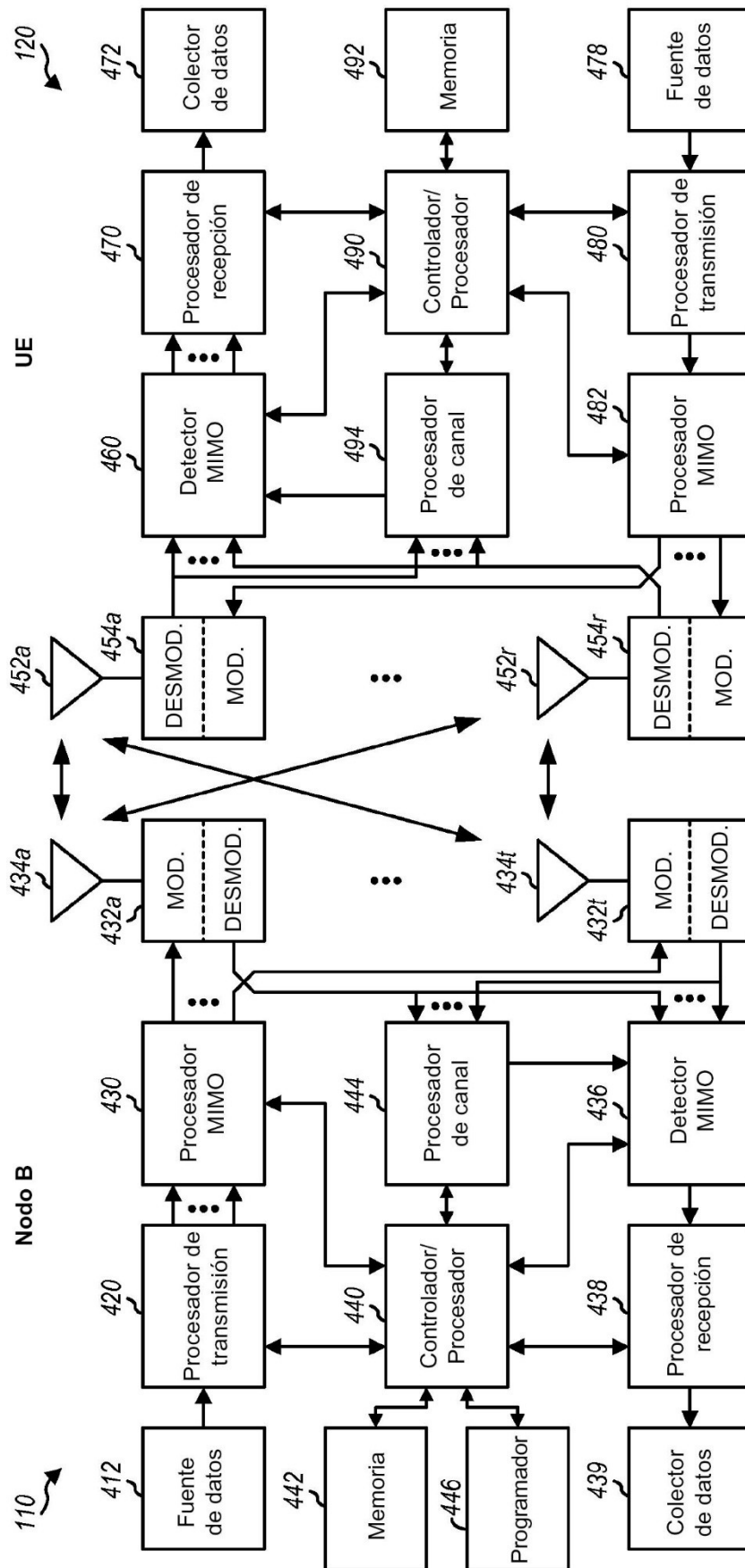


FIG. 4

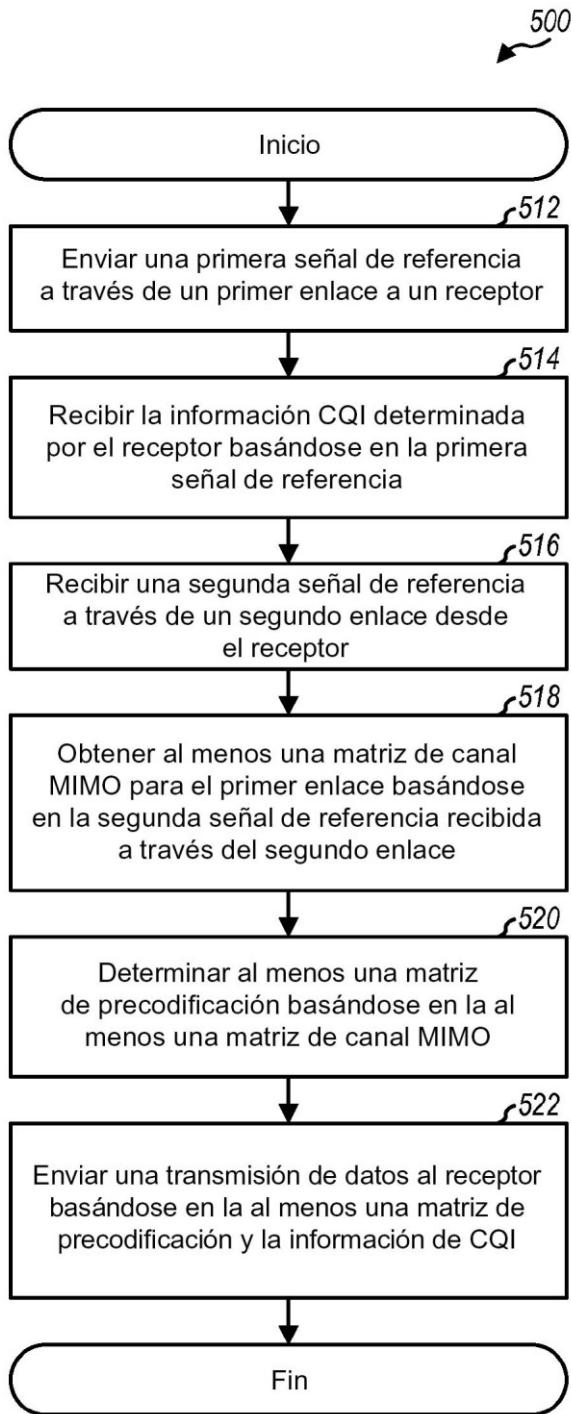


FIG. 5

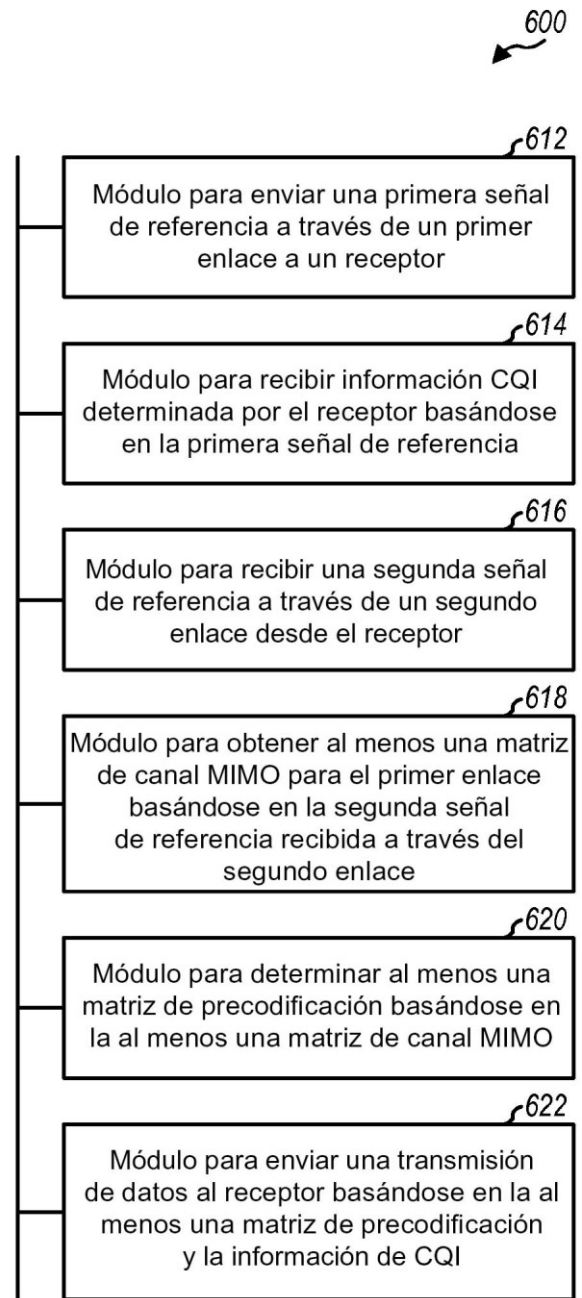


FIG. 6

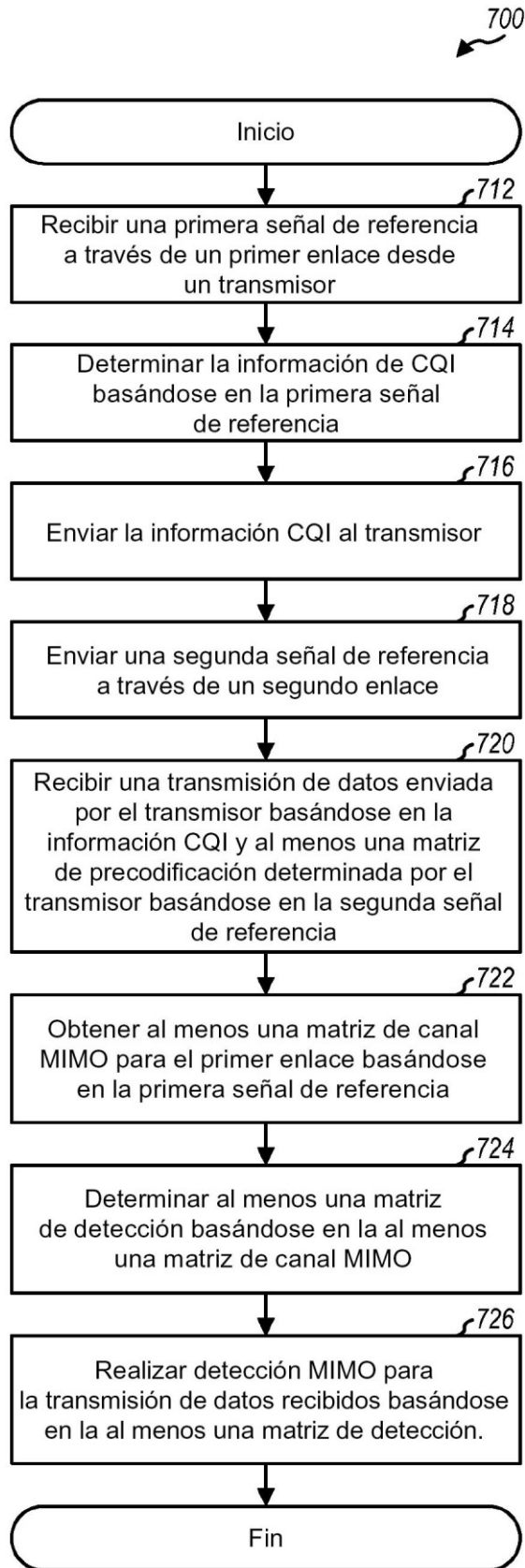


FIG. 7

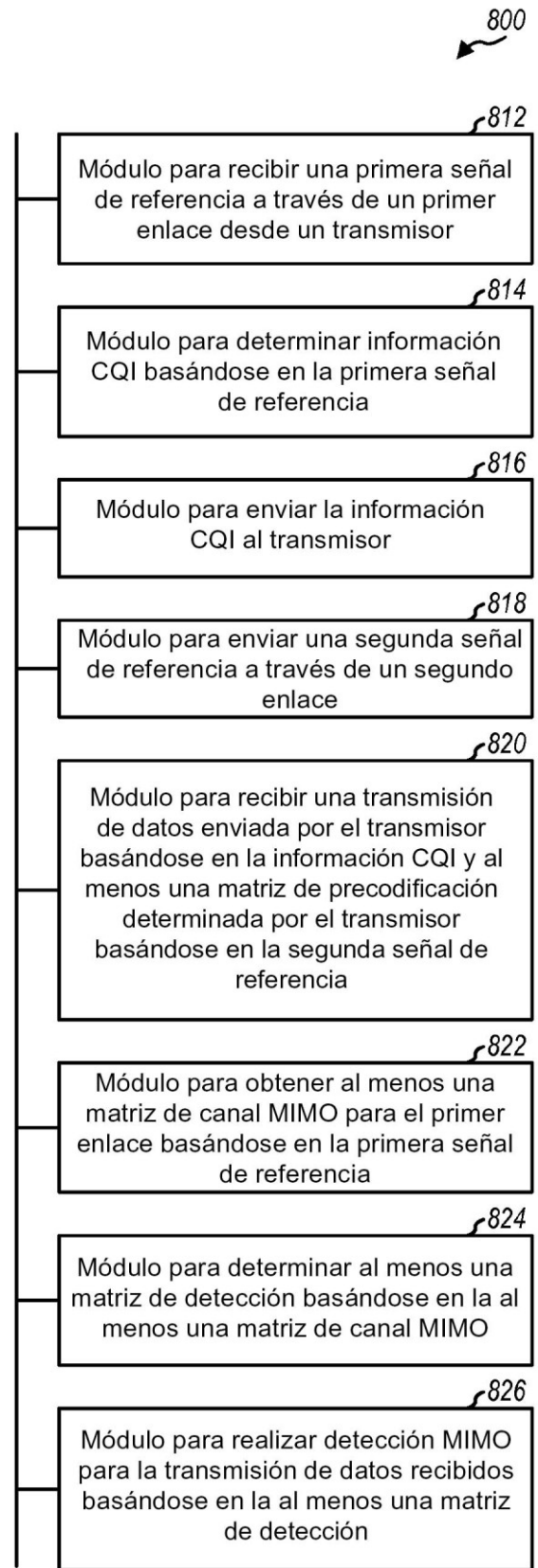


FIG. 8