(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 864 581**

(51) Int. CI.:

H04L 1/00 (2006.01)
H04L 1/06 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.06.2010 PCT/US2010/040308**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **20.01.2011 WO11008519**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2010 E 10730653 (2)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.03.2021 EP 2449709**

(54) Título: **Reportes de canal de circuito abierto en un sistema de comunicación inalámbrico**

(30) Prioridad:

29.06.2009 US 221478 P
23.06.2010 US 822086

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.10.2021

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

GOROKHOV, ALEXEI, Y. y
GAAL, PETER

(74) Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

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

Reportes de canal de circuito abierto en un sistema de comunicación inalámbrico

La presente solicitud reivindica la prioridad de la solicitud provisional de Estados Unidos con el número de acta 61/221.478, titulada "*FEED- BACK MODES IN SUPPORT OF DL TRANSMISSION IN LTE-A*", presentada el 29 de junio de 2009.

ANTECEDENTES

I. Campo

La presente divulgación se refiere en general a la comunicación y, más específicamente, a las técnicas para reportar la información del canal en un sistema de comunicación inalámbrico.

II. Antecedentes

Los sistemas de comunicación inalámbrico están ampliamente desplegados para proporcionar diversos contenidos de comunicación como voz, video, paquetes de datos, mensajería, transmisión, etc. Estos sistemas inalámbricos pueden ser sistemas de acceso múltiple capaces de admitir múltiples usuarios compartiendo los recursos disponibles del sistema. 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), sistemas de FDMA ortogonal (OFDMA) y sistemas de FDMA de portadora única (SC-FDMA).

Un sistema de comunicación inalámbrico puede incluir varias estaciones base que pueden admitir la comunicación para varios equipos de usuario (UE). Un UE puede comunicarse con una estación base a través del enlace descendente y el enlace ascendente. El enlace descendente (o enlace directo) se refiere al enlace de comunicación desde la estación base al UE, y el enlace ascendente (o enlace inverso) se refiere al enlace de comunicación desde el UE a la estación base.

Una estación base puede transmitir datos a través de un canal inalámbrico a un UE. Se puede lograr un buen rendimiento al hacer que el UE calcule el canal inalámbrico y reporte la información del canal a la estación base. Luego, la estación base puede transmitir datos basándose en la información del canal reportada. Las características del canal inalámbrico pueden variar con el tiempo debido a varios factores tales como el desvanecimiento, las trayectorias múltiples, la interferencia, etc. Además, el UE puede ser móvil y puede observar diferentes canales a medida que el UE se mueve. Por lo tanto, en la técnica se necesitan técnicas para reportar con precisión la información del canal en un sistema de comunicación inalámbrico.

Llama la atención el documento US2007223423 (A1) que describe técnicas para soportar la transmisión MIMO. Los equipos de usuario (UE) se clasifican en un primer grupo de UE que se programarán individualmente, y un segundo grupo de UE que se pueden programar juntos. La clasificación puede basarse en el número de antenas de transmisión y recepción, carga del sector, requisitos de datos, estadísticas de canal a largo plazo, número de UE, etc. La información del indicador de calidad del canal (CQI) recibida de los UE se interpreta de diferentes maneras dependiendo de los grupos a los que pertenecen los UE. Se puede seleccionar un único UE a la vez del primer grupo o se pueden seleccionar múltiples UE a la vez del segundo grupo para la transmisión MIMO. Una transmisión MIMO puede enviarse a un único UE en el primer grupo o múltiples UE en el segundo grupo a velocidades seleccionadas en base a la información CQI.

Llama además la atención el documento US2007/217540 (A1) que proporciona un receptor. En un ejemplo, el receptor incluye una parte de recepción que emplea señales de transmisión de un transmisor que tiene múltiples antenas y puede proporcionar estimaciones del canal. El receptor también incluye una parte generadora de retroalimentación configurada para proporcionar al transmisor una selección de precodificador para la transmisión de datos que se basa en las estimaciones del canal, en donde la selección del precodificador corresponde a una agrupación de bloques de recursos en el dominio de la frecuencia. En un ejemplo, el transmisor incluye una parte de transmisión acoplada a las múltiples antenas y capaz de aplicar precodificación a una transmisión de datos para un receptor. El transmisor también incluye una parte de decodificación de retroalimentación configurada para decodificar una selección de precodificador para la transmisión de datos que se retroalimenta desde el receptor, en donde la selección de precodificador corresponde a una agrupación de bloques de recursos en el dominio de la frecuencia.

También llama la atención el documento de QUALCOMM EUROPE, titulado "*Feedback options in support of dual-stream beamforming*", BORRADOR 3GPP; R1-091449 PROYECTO DE ASOCIACIÓN DE 3ª GENERACIÓN (3GPP), CENTRO DE COMPETENCIA MÓVIL; 650, ROUTE DES LUCIOLES; F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS CEDEX; FRANCIA. (20090319), no. Seúl, Corea del Sur.

También llama la atención el documento de QUALCOMM EUROPE, titulado "*Open Loop MIMO transmission in LTE-A*", BORRADOR 3GPP; R1-092716, PROYECTO DE ASOCIACIÓN DE 3ª GENERACIÓN (3GPP), CENTRO DE COMPETENCIA MÓVIL; 650, ROUTE DES LUCIOLES; F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS CEDEX; FRANCIA, (20090624), no. Los Ángeles, EE. UU.

También llama la atención el documento de QUALCOMM EUROPE, titulado "*Feedback considerations for DL MIMO and CoMP*", BORRADOR 3GPP: R1-092695, PROYECTO DE ASOCIACIÓN DE 3ª GENERACIÓN (3GPP), CENTRO DE COMPETIENCIA MÓVIL; 650, ROUTE DES LUCIOLES ; F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS CEDEX; FRANCIA, (20090624), no. Los Ángeles. EE. UU.

También llama la atención el documento estándar "*3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical layer procedures* (Versión 8)", ESTÁNDAR 3GPP; 3GPP TS 36.213, PROYECTO DE ASOCIACIÓN DE 3a GENERACIÓN (3GPP), CENTRO DE COMPETENCIA MÓVIL: 650, ROUTE DES LUCIOLES; F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS CEDEX; FRANCIA, (20090501), no.
V8.7.0.

También llama la atención un documento de ERICSSON, titulado "*DL MIMO for LTE-Advanced*", BORRADOR 3GPP; R1-092028, PROYECTO DE ASOCIACIÓN DE 3ª GENERACIÓN (3GPP), CENTRO DE COMPETENCIA MÓVIL; 650, ROUTE DES LUCIOLES ; F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS CEDEX; FRANCIA, (20090428), no. San Francisco, EE. UU.

Finalmente, también llama la atención el documento de CATT, titulado "*Feedback mechanism analysis of dual layer beamforming for TDD system*", BORRADOR 3GPP; RI-092181. PROYECTO DE ASOCIACIÓN DE 3ª GENERACIÓN (3GPP), CENTRO DE COMPETENCIA MÓVIL; 650, ROUTE DES LUCIOLES; F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS CEDEX; FRANCIA, (20090430), no. San Francisco, EE. UU.

SUMARIO

Según la presente invención, se proporcionan métodos y aparatos para comunicaciones inalámbricas, como se establece en las reivindicaciones independientes. Las realizaciones de la invención se reivindican en las reivindicaciones dependientes.

Las técnicas para reportar el indicador de calidad del canal (CQI) en un sistema de comunicación inalámbrico se describen en la presente. En un aspecto, se puede utilizar un modo para reportar un circuito abierto para reportar CQI en determinados escenarios operativos (por ejemplo, escenarios de alta movilidad) cuando se desea la diversidad de transmisión. El modo de reporte de circuito abierto puede dar como resultado un reporte de CQI más preciso, lo que puede mejorar el rendimiento de la transmisión de datos.

En un diseño, un UE puede determinar el CQI basándose en una suposición de un conjunto de matrices de precodificación utilizadas por una estación base para la transmisión de datos al UE. La estación base puede o no utilizar realmente el conjunto de matrices de precodificación asumidas por el UE. El UE no envía retroalimentación para transmitir el conjunto de matrices de precodificación. El UE puede enviar el CQI a la estación base y, posteriormente, puede recibir la transmisión de datos enviada por la estación base al UE basándose en el CQI. La transmisión de datos puede enviarse con precodificación con una pluralidad de matrices de precodificación para obtener diversidad de transmisión. La pluralidad de matrices de precodificación utilizadas por la estación base puede incluir cero, algunas o todas las matrices de precodificación en el conjunto de matrices de precodificación asumidas por el UE.

En un diseño, el UE puede determinar el conjunto de matrices de precodificación para un conjunto de recursos de tiempo-frecuencia (por ejemplo, un conjunto de bloques de recursos) disponibles para la transmisión de datos al UE. El UE puede determinar la calidad de la señal recibida de cada recurso de tiempo-frecuencia de basándose en una matriz de precodificación para ese recurso de tiempo-frecuencia. El UE puede entonces determinar el CQI basándose en las cualidades de la señal recibida del conjunto de recursos de tiempo-frecuencia.

En un diseño, el UE puede evaluar diferentes rangos posibles que se pueden usar para la transmisión de datos al UE. El UE puede determinar un conjunto de matrices de precodificación para cada rango posible. El UE puede determinar una métrica para cada rango basándose en el conjunto de matrices de precodificación para ese intervalo. El UE puede seleccionar uno de los rangos posibles basándose en las métricas para todos los intervalos. El UE puede determinar el CQI para el rango seleccionado basándose en el conjunto de matrices de precodificación para el rango seleccionado. El UE puede enviar un indicador de rango (RI) indicativo del rango seleccionado a la estación base. La estación base puede enviar una transmisión de datos que comprende paquetes de datos L al UE, donde L puede basarse en el rango seleccionado.

Varios aspectos y características de la divulgación se describen con más detalle a continuación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS:

La figura 1 muestra un sistema de comunicación inalámbrico.

La figura 2 muestra una estructura de recursos de ejemplo.

La figura 3 muestra un formato de subtrama de ejemplo.

La figura 4 muestra el funcionamiento de un modo de reporte de circuito cerrado.

La figura 5 muestra el funcionamiento de un modo de reporte de circuito abierto.

La figura 6 muestra un proceso para reportar el CQI. La figura

7 muestra un aparato para reportar el CQI. La figura

8 muestra un proceso para recibir el CQI. La figura

9 muestra un aparato para recibir el CQI.

La figura 10 muestra un diagrama de bloques de una estación base y un UE.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Las técnicas descritas en la presente pueden usarse para varios sistemas de comunicación inalámbrico tales como CDMA,TDMA, FDMA, OFDMA, SC-FDMA y otros sistemas. Los términos "sistema" y "red" se utilizan a menudo indistintamente. Un sistema CDMA puede implementar una tecnología de radio como el acceso universal por radio terrestre (UTRA), cdma2000, etc. El UTRA incluye CDMA de banda ancha (WCDMA) y otras variantes de CDMA. cdma2000 comprende los estándares IS-2000, IS-95 e IS-856. Un sistema TDMA puede implementar una tecnología de radio como el Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM). Un sistema OFDMA puede implementar una tecnología de radio como Evolved UTRA (E-UTRA), banda ancha ultra móvil (UMB) (UMB), IEEE 802.11 (Wi-Fi), IEEE 802.16 (WiMAX), IEEE 802.20, Flash-OFDM®, etc. UTRA y E-UTRA forman parte del sistema universal de telecomunicaciones móviles (UMTS). 3GPP Long Term Evolution (LTE) y LTE-Advanced (LTE-A) son nuevas versiones de UMTS que utilizan E-UTRA, que emplean OFDMA en el enlace descendente y SC-FDMA en el enlace ascendente. UTRA, E-UTRA, UMTS, LTE, LTE-A y GSM se describen en documentos a partir de una organización denominada "Proyecto de asociación de tercera generación" (3GPP). cdma2000 y UMB se describen en documentos de una organización denominada "Proyecto 2 de asociación de tercera generación" (3GPP2). Las técnicas descritas en la presente pueden usarse para los sistemas y tecnologías de radio mencionados anteriormente, así como para otros sistemas y tecnologías de radio. Para mayor claridad, algunos aspectos de las técnicas se describen a continuación para LTE, y la terminología de LTE se utiliza en gran parte de la descripción a continuación.

La figura 1 muestra un sistema de comunicación inalámbrico 100, que puede ser un sistema LTE o algún otro sistema. El sistema 100 puede incluir varios Nodos B evolucionados (eNB) 110 y otras entidades de red. Un eNB puede ser una entidad que se comunica con los UE y también puede denominarse Nodo B, una estación base, un punto de acceso, etc. Cada eNB puede proporcionar cobertura de comunicación para un área geográfica particular y puede admitir la comunicación para los UE ubicado dentro del área de cobertura. Para mejorar la capacidad del sistema, el área de cobertura general de un eNB puede dividirse en múltiples (por ejemplo, tres) áreas más pequeñas. Cada área más pequeña puede ser servida por un subsistema eNB respectivo. En 3GPP, el término "celda" puede referirse al área de cobertura más pequeña de un eNB y/o un subsistema del eNB que sirve a esta área de cobertura.

Varios UE pueden estar dispersos por todo el sistema, y cada UE puede ser estacionario o móvil. Un UE también puede denominarse estación móvil, terminal, terminal de acceso, unidad de abonado, estación, etc. Un UE puede ser un teléfono celular, un asistente personal digital (PDA), un módem inalámbrico, un dispositivo inalámbrico. dispositivo de comunicación, un dispositivo portátil, una computadora portátil, un teléfono inalámbrico, una estación de circuito local inalámbrico (WLL), un teléfono inteligente, un miniordenador portátil, un libro inteligente, etc.

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 un intervalo de frecuencia en múltiples subportadoras ortogonales (NFFT), que también se denominan comúnmente tonos, bins, etc. Cada subportadora puede modularse con datos. En general, los símbolos de modulación se envían en el dominio de frecuencia con OFDM y en el dominio de tiempo con SC-FDM. El espaciado entre subportadoras adyacentes puede ser fijo y el número total de subportadoras (NFFT) puede depender del ancho de banda del sistema. Por ejemplo, NFFT puede ser igual a 128, 256, 512, 1024 o 2048 para un ancho de banda del sistema de 1,25, 2,5, 5, 10 o 20 megahercios (MHz), respectivamente. El ancho de banda del sistema también puede dividirse

en subbandas, y cada subbanda puede cubrir un intervalo de frecuencias, por ejemplo, 1,25 MHz. El ancho de banda del sistema también puede dividirse en partes de ancho de banda, y cada parte de ancho de banda comprender cubrir un intervalo de frecuencia configurable, por ejemplo, un número entero de subbandas.

La figura 2 muestra una estructura de recursos de ejemplo 200 utilizada en LTE. La línea de tiempo de transmisión puede dividirse en unidades de subtramas. Cada subtrama puede tener una duración predeterminada (por ejemplo, un milisegundo (ms)) y puede dividirse en dos ranuras. Cada intervalo puede incluir períodos de símbolo S, por ejemplo, siete períodos de símbolo para un prefijo cíclico normal o seis períodos de símbolo para un prefijo cíclico extendido.

Los bloques de recursos NRB (RB) pueden definirse para cada ranura con las subportadoras totales NFFT y también pueden denominarse bloques de recursos físicos (PRB). El número de bloques de recursos en cada ranura puede depender del ancho de banda del sistema y puede variar entre 6 y 110 para un ancho de banda del sistema de 1,25 a 20 MHz, respectivamente. Cada bloque de recursos puede comprender 12 subportadoras en una ranura y puede incluir varios elementos de recursos. Cada elemento de recurso puede comprender una subportadora en un período de un símbolo y puede usarse para transmitir un símbolo de modulación, que puede ser un valor real o complejo.

La figura 3 muestra un formato de subtrama de ejemplo 300 para el enlace descendente con el prefijo cíclico normal. El formato de subtrama 300 se puede utilizar para un eNB equipado con cuatro antenas. Puede transmitirse una señal de referencia específica de celda (CRS) desde las antenas 0 y 1 en los periodos de símbolo 0, 4, 7 y 11 y desde las antenas 2 y 3 en los períodos de símbolo 1 y 8. Una señal de referencia es una señal que es conocida *a priori* por un transmisor y un receptor y también puede denominarse piloto. Una CRS es una señal de referencia que es específica para una celda, por ejemplo, generada en base a una identidad de celda (ID). En la figura 3, para un elemento de recurso determinado con etiqueta Rt, para t = 0, 1, 2 o 3, se puede transmitir un símbolo de modulación en ese elemento de recurso desde la antena t, y no se pueden transmitir símbolos de modulación en ese elemento de recurso desde las otras antenas. Los elementos de recursos que no se usan para la CRS pueden usarse para transmitir datos y/o controlar información.

El sistema puede admitir técnicas de transmisión de múltiples antenas para lograr una alta eficiencia espectral. Estas técnicas de transmisión de múltiples antenas pueden incluir un solo usuario, múltiples entradas y múltiples salidas (SU-MIMO), múltiples usuarios MIMO (MU-MIMO) y multipunto coordinado (CoMP), que se describen brevemente en la Tabla 1. MU-MIMO también puede denominarse MU-MIMO intracelda o acceso múltiple por división espacial (SDMA). CoMP también puede denominarse MU-MIMO intercelda.

Tabla 1

Técnica	Descripción
SU-MIMO	Transmisión de datos desde una celda a un UE con MIMO.
MU-MIMO	Transmisión de datos desde una celda a múltiples UE con MIMO.
CoMP	Transmisión de datos desde múltiples celdas a uno o más UE.

Un UE puede determinar la información del canal y puede reportar esta información a su eNB de servicio para admitir las técnicas de transmisión de múltiples antenas. En general, la información del canal puede comprender cualquier información que pueda ser utilizada por un transmisor para transmitir datos a un receptor. La información del canal puede comprender indicador de calidad del canal (CQI), indicador de rango (RI), indicador de matriz de precodificación (PMI), etc. CQI puede ser indicativo de la calidad de un canal de comunicación desde el transmisor al receptor. RI puede ser indicativo del número de flujos de datos que se transmitirán simultáneamente al receptor. Cada flujo de datos puede corresponder a una palabra de código, un paquete de datos, un bloque de transporte, un canal espacial, etc. PMI puede ser indicativo de una matriz de precodificación para su uso para procesar espacialmente (o precodificar) datos antes de su transmisión al receptor. Una matriz de precodificación puede corresponder a un haz espacial que puede dirigir la transmisión de datos hacia el receptor y/o lejos de otros receptores.

En un aspecto, se pueden admitir múltiples modos de reporte a fin de reportar información del canal, y pueden incluir un modo de reporte de circuito cerrado y un modo de reporte de circuito abierto. La Tabla 2 proporciona una breve descripción de cada uno de los dos modos de reporte. El modo de reporte de circuito cerrado se puede utilizar para UE de baja movilidad y también para UE de alta movilidad con características espaciales persistentes, por ejemplo, debido a configuraciones de antena correlacionadas. El modo de reporte de circuito abierto se puede utilizar para UE de alta movilidad y también cuando la retroalimentación de PMI no está disponible.

Tabla 2

Modo de reporte	Descripción
Modo de reporte de circuito cerrado	El CQI se determina para una o más matrices de precodificación utilizadas para la transmisión de datos y reportadas por un UE.
Modo de reporte de circuito abierto	El CQI se determina para un conjunto de matrices de precodificación, que pueden usarse o no para la transmisión de datos y no son reportadas por un UE.

La figura 4 muestra el funcionamiento del modo de reporte de circuito cerrado para SU-MIMO. Un eNB puede transmitir una señal de referencia de información de estado del canal (CSI-RS) y/o una CRS en el enlace descendente (paso 1). CSI-RS es una señal de referencia enviada desde todas las antenas transmisoras y puede usarse para la medición de CQI. Un UE puede recibir la CSI-RS y/o CRS desde el eNB y puede evaluar el canal inalámbrico desde el eNB al UE. Por ejemplo, el UE puede obtener una estimación del canal en base a la CSI-RS y/o CRS y puede evaluar diferentes posibles matrices de precodificación de diferentes rangos que pueden usarse para la transmisión de datos al UE. Se puede admitir un libro de códigos de matrices de precodificación para cada rango posible, y a cada matriz de precodificación se le puede asignar un índice único. Para cada posible matriz de precodificación de un rango determinado, el UE puede determinar una métrica (por ejemplo, para la eficiencia espectral, rendimiento, etc.) para esa matriz de precodificación. El UE puede seleccionar la matriz de precodificación con la mejor métrica, determinar PMI y RI basándose en la matriz de precodificación seleccionada y determinar el CQI con la matriz de precodificación seleccionada (paso 2). El PMI puede comprender un índice de la matriz de precodificación seleccionada. Luego, el UE puede enviar información de canal que comprende el PMI, RI y CQI al eNB (paso 3). El UE puede determinar y reportar información de canal para banda ancha (por ejemplo, todo el ancho de banda del sistema) o banda estrecha para cada unidad de frecuencia de interés. Cada unidad de frecuencia puede corresponder a una sub-banda, o una parte del ancho de banda, o alguna otra unidad de frecuencia.

El eNB puede transmitir datos al UE utilizando el PMI, RI y CQI reportados (paso 4). Por ejemplo, el eNB puede determinar el número de paquetes o palabras de código a transmitir basándose en el RI reportado y puede codificar y modular cada paquete basándose en un esquema de modulación y codificación (MCS) determinado en base al CQI informado. El eNB también puede realizar una precodificación de los datos basándose en el PMI reportado.

El modo de reporte de circuito cerrado se puede utilizar para SU-MIMO, MU-MIMO y CoMP. Para SU-MIMO, el UE puede seleccionar una matriz de precodificación con la mejor métrica entre todas las matrices de precodificación posibles y puede determinar el RI y el CQI basándose en la matriz de precodificación seleccionada. El CQI puede ser una estimación precisa de la calidad del canal si el eNB usa la matriz de precodificación seleccionada por el UE y enviada al eNB a través del PMI.

Para MU-MIMO, un eNB puede transmitir a múltiples UE simultáneamente. Cada UE puede evaluar el canal inalámbrico desde el eNB a ese UE de manera similar a SU-MIMO y puede reportar el PMI, RI y CQI al eNB. El eNB puede programar un conjunto de UE para la transmisión de datos con MU-MIMO. El eNB puede seleccionar una matriz de precodificación basada en los PMI de todos los UE programados de manera que los datos se dirijan hacia esos UE. Por ejemplo, la matriz de precodificación puede seleccionarse para que coincida con los haces preferidos de todos los UE programados de la mejor manera posible. De manera adicional o alternativa, el eNB puede seleccionar una matriz de precodificación que minimiza la interferencia de múltiples usuarios (MU) a los UE programados basándose en los PMI de los UE programados. Luego, el eNB puede transmitir datos a los UE programados utilizando la matriz de precodificación seleccionada.

Para MU-MIMO, cada UE puede seleccionar la mejor matriz de precodificación para su canal inalámbrico al eNB sin conocer los otros UE programados y puede determinar el RI y el CQI basándose en la matriz de precodificación seleccionada. Cada UE puede no tener información sobre los otros UE programados conjuntamente y sus haces preferidos antes de las decisiones de programación por parte del eNB. Cada UE puede ser incapaz de estimar con precisión la interferencia multiusuario a corto plazo que surge de la matriz de precodificación seleccionada por el eNB cuando se determina el CQI y el RI. El eNB puede realizar ajustes al RI y/o CQI de los UE programados basándose en sus decisiones de programación. Por ejemplo, el eNB puede predecir la interferencia de MU basándose en un PMI reportado por un UE y puede determinar si la programación MU-MIMO o SU-MIMO proporcionaría un mejor rendimiento. Una vez que se determina la interferencia de MU, el eNB puede estimar la interferencia total observada por el UE añadiendo el componente de interferencia de MU al componente de interferencia restante (por ejemplo, desde otra celda más ruido térmico) que puede inferirse aproximadamente del CQI reportado por el UE.

Para cada UE programado, el eNB puede seleccionar el número de palabras de código y un esquema de modulación y codificación para cada palabra de código en base al RI y el CQI recibidos o ajustados para ese UE. Puede haber algunos errores entre el CQI usado por el eNB para cada UE programado y el CQI real observado por

ese UE. Esos errores se pueden tener en cuenta con la retransmisión automática híbrida (HARQ). Para la HARQ en el enlace descendente, el eNB puede enviar una transmisión de una palabra de código y puede enviar una o más transmisiones adicionales de la palabra de código, si es necesario, hasta que la palabra de código sea decodificada correctamente por un UE, o hasta que se haya enviado el número máximo de transmisiones, o se encuentre alguna otra condición de terminación.

Para CoMP, múltiples celdas de uno o más eNB pueden transmitir datos a uno o más UE en simultáneo. Cada UE puede evaluar el canal inalámbrico de diferentes celdas a ese UE de manera similar a SU-MIMO y puede reportar el PMI, RI y CQI a la celda de servicio. Se puede programar un conjunto de UE para la transmisión de datos desde múltiples celdas con CoMP. Puede seleccionarse una matriz de precodificación para cada celda para los UE programados en base a los PMI de todos los UE programados de manera que los datos se dirijan hacia esos UE. Cada celda puede transmitir datos a los UE programados utilizando la matriz de precodificación seleccionada para esa celda. Las múltiples celdas pueden transmitir datos a los UE programados al mismo o diferentes niveles de potencia de transmisión.

Para CoMP, cada UE puede seleccionar la mejor matriz de precodificación para su canal inalámbrico a diferentes celdas sin conocer otra información, como qué otros UE se programarán con ese UE, los haces preferidos de estos otros UE, los niveles de potencia de transmisión utilizados por las celdas para diferentes UE, etc. Cada UE puede determinar el RI y el CQI basándose en la matriz de precodificación seleccionada por ese UE. Cada UE puede no tener información sobre los otros UE programados conjuntamente y sus haces preferidos antes de las decisiones de programación. Por lo tanto, cada UE puede ser incapaz de estimar con precisión la interferencia multiusuario a corto plazo cuando se determinan el CQI y el RI. El RI y/o el CQI de los UE programados pueden ajustarse en base a las decisiones de programación.

Tanto para MU-MIMO como para CoMP, se puede conseguir un reporte del CQI más preciso por parte de los UE haciendo que cada eNB transmita una señal de referencia precodificada antes de la transmisión real de datos por parte de ese eNB. La señal de referencia precodificada se puede generar basándose en una matriz de precodificación que se utilizará para la transmisión de datos posterior. Cada UE puede determinar el RI y el CQI basándose en la señal de referencia precodificada (sin evaluar diferentes matrices de precodificación posibles). Los eNB también pueden intercambiar información de precodificación que indiquen las matrices de precodificación seleccionadas por estos eNB a través del retorno. El uso de señales de referencia precodificadas puede permitir a los UE estimar con mayor precisión las condiciones de interferencia a corto plazo. Esto, a su vez, puede dar como resultado reportes de RI y CQI más precisos por parte de los UE, una mejor selección de los UE que se programarán juntos en base a los reportes de RI/CQI de los UE y una selección más precisa de esquemas de modulación y codificación para los UE programados.

En otro aspecto, el modo de reporte de circuito abierto se puede utilizar para reportar CQI en determinados escenarios operativos cuando se desea la diversidad de transmisión. Por ejemplo, el modo de reporte de circuito abierto se puede utilizar para escenarios de alta movilidad o escenarios de geometría baja, o cuando la retroalimentación de PMI no está disponible, etc. El modo de reporte de circuito abierto puede generar reportes de CQI más precisos, lo cual puede mejorar el rendimiento de la transmisión de datos.

La figura 5 muestra el funcionamiento del modo de reporte de circuito abierto para SU-MIMO. Un eNB puede transmitir una CSI-RS y/o una CRS en el enlace descendente (paso 1). Un UE puede recibir la CSI-RS y/o CRS desde el eNB y puede evaluar el canal inalámbrico desde el eNB al UE. Por ejemplo, el UE puede obtener una estimación de canal basada en la CSI-RS y/o la CRS y puede determinar el CQI basándose en una suposición de diversidad de transmisión utilizada para la transmisión de datos posteriores al UE, como se describe a continuación. El UE puede determinar el CQI y posiblemente el RI basándose en la CSI-RS y/o la CRS y además basándose en el supuesto de diversidad de transmisión (paso 2). Luego, el UE puede enviar información de canal que comprende el CQI y posiblemente el RI al eNB (paso 3). El UE puede determinar y reportar información de canal para banda ancha o banda estrecha. El eNB puede transmitir datos al UE utilizando el CQI reportado y posiblemente el RI (paso 4).

El modo de reporte de circuito abierto se puede utilizar para SU-MIMO, MU-MIMO y CoMP. Este modo de reporte puede usarse para UE de alta movilidad cuando el canal a corto plazo y las condiciones de interferencia pueden fluctuar rápidamente y, por lo tanto, no debe usarse para determinar el CQI y el RI para una próxima transmisión de datos. Dado que la dirección del haz puede no ser práctica en escenarios de alta movilidad, la diversidad de transmisión puede usarse para asegurar una transmisión de datos confiable. En un diseño de diversidad de transmisión, un eNB puede transmitir datos usando diferentes matrices de precodificación en diferentes recursos de tiempo y/o frecuencia (por ejemplo, en diferentes subtramas o diferentes grupos de bloques de recursos) para que un UE receptor pueda observar un conjunto de canales efectivos definidos por estas matrices de precodificación. Esto puede permitir que el UE observe las condiciones de canal promedio y evite las condiciones de canal del peor de los casos.

Las matrices de precodificación se pueden seleccionar de diversas formas para el modo de reporte de circuito abierto. En un diseño, que puede denominarse transmisión de circuito abierto vagamente definida, un UE puede

suponer que un eNB seleccionará pseudoaleatoriamente diferentes matrices de precodificación para diferentes bloques de recursos. Las matrices de precodificación seleccionadas pueden ser de un libro de códigos de matrices de precodificación admitidas para el modo de reporte de circuito cerrado o pueden ser matrices de precodificación seleccionadas de otras maneras. En otro diseño, que puede denominarse transmisión de circuito abierto estrictamente definida, el UE puede suponer una matriz de precodificación específica para cada bloque de recursos en base a un mapeo predeterminado de matrices de precodificación a bloques de recursos. El mapeo puede ser conocido *a priori* por el UE y el eNB. En otro diseño más, el UE puede recorrer una secuencia de matrices de precodificación y puede seleccionar una matriz de precodificación en la secuencia para cada bloque de recursos en el cual calcular el CQI. Las matrices de precodificación también se pueden seleccionar de otras formas para el modo de reporte de circuito abierto.

En un diseño, se pueden seleccionar diferentes matrices de precodificación para diferentes bloques de recursos en los cuales calcular el CQI. En otro diseño, se pueden seleccionar diferentes matrices de precodificación para diferentes sub-bandas en las cuales calcular el CQI. En general, se pueden seleccionar diferentes matrices de precodificación para diferentes recursos de tiempo-frecuencia. Cada recurso de tiempo-frecuencia puede comprender cualquier duración de tiempo adecuada y cualquier intervalo de frecuencia adecuado. Cada matriz de precodificación puede incluir un vector para cada antena de transmisión en un eNB. Pueden usarse diferentes conjuntos de matrices de precodificación para diferentes números de antenas de transmisión. Por ejemplo, un primer conjunto de matrices de precodificación (cada uno con dos vectores) puede usarse para dos antenas de transmisión en el eNB, un segundo conjunto de matrices de precodificación (cada uno con cuatro vectores) puede usarse para cuatro antenas de transmisión en el eNB, un tercer conjunto de matrices de precodificación (cada uno con ocho vectores) puede usarse para ocho antenas de transmisión en el eNB, etc.

En un diseño, se pueden utilizar las mismas matrices de precodificación para todos los eNB. En otro diseño, se pueden usar diferentes matrices de precodificación (o diferentes conjuntos de matrices de precodificación) para diferentes eNB. Este diseño puede aleatorizar las condiciones de interferencia.

Para admitir la medición del CQI, un eNB puede transmitir una CSI-RS y/o una CRS desde todas las antenas de transmisión (o puertos de antena) del eNB. El eNB puede transmitir la CSI-RS y/o CRS en algunos elementos de recurso de cada
bloque de recurso (por ejemplo, como se muestra en la figura 2) o en algunos elementos de recursos de solo ciertos bloques de recursos.

Un UE puede recibir la CSI-RS y/o CRS desde el eNB. La CSI-RS o CRS recibida se puede expresar como:

$$\mathbf{y}(t,k) = \mathbf{h}(t,k)\, r(t,k) + \mathbf{n}(t,k) \ , \qquad \text{Ec. (1)}$$

donde

r(t,k) es un símbolo de referencia enviado en el elemento de recurso k desde la antena transmisora t en el eNB,

h(t,k) es un vector de canal R x 1 para un canal inalámbrico desde la antena transmisora t en el eNB a las antenas receptoras R en el UE,

y(t,k) es un vector R x 1 que contiene símbolos de referencia recibidos R de las antenas receptoras R en el UE, y

n(t,k) es un vector R x 1 de ruido e interferencia observado por el UE.

El eNB puede transmitir un símbolo de referencia desde como máximo una antena de transmisión en cada elemento de recurso, por ejemplo, como se muestra en la figura 3. El UE puede entonces ser capaz de estimar la respuesta del canal inalámbrico para cada antena de transmisión en base a los símbolos de referencia recibidos y usando el error cuadrático medio mínimo (MMSE), la fuerza cero (ZF), la combinación de relación máxima (MRC) o alguna otra técnica de estimación de canal. Por ejemplo, el UE puede derivar una estimación de canal basada en MMSE, de la siguiente manera:

$$\hat{\mathbf{h}}(t,k) = \frac{\mathbf{y}(t,k)\, r^{*}(t,k)}{|r(t,k)|^{2} + N_0} \ , \qquad \text{Ec. (2)}$$

donde

h^ (t,k) es una estimación de **h**(t,k),

r*(t, k) es un conjugado complejo de **r**(t,k), y
N0 es la varianza del ruido y la interferencia en **n**(t,k).

El UE también puede derivar una estimación de canal de otras maneras. El UE puede formar una matriz de canal estimada
H^ (k) en base a los vectores de canal estimados para todas las antenas de transmisión T en el eNB, o **H^** (k) = [**h^** (1,k) **h^** (2,k) ... **h^** (T,k)]. k puede ser un índice para un conjunto de elementos de recursos en los que se han transmitido símbolos de referencia desde todas las antenas de transmisión T.

El UE puede calcular una matriz de canal efectiva para cada elemento de recurso, de la siguiente manera:

$$\mathbf{G}(k) = \hat{\mathbf{H}}(k)\,\mathbf{W}(k)\ , \qquad \text{Ec. (3)}$$

donde

W(k) es una matriz de precodificación T x L de rango L para el elemento de recurso k, y

G(k) es una matriz de canal efectiva R x L con matriz de precodificación **W**(k).

En un diseño, el UE puede usar la misma matriz de precodificación **W**(k) para todos los elementos de recursos de cada bloque de recursos y puede usar diferentes matrices de precodificación para diferentes bloques de recursos. En otro diseño, el UE puede usar diferentes matrices de precodificación para diferentes elementos de recursos. En general, el UE puede usar diferentes matrices de precodificación para diferentes recursos de tiempo-frecuencia, y cada recurso de tiempo-frecuencia puede comprender cualquier dimensión de tiempo y frecuencia.

El UE puede estimar el ruido y la interferencia basándose en la matriz de canal efectiva, de la siguiente manera:

$$\mathrm{I}(k) = \|\,\mathbf{y}(k) - \mathbf{G}(k)\,\mathbf{r}(k)\,\|^2\ , \qquad \text{Ec. (4)}$$

donde

r(k) es un vector de símbolos de referencia enviados en el elemento de recurso k desde todas las T antenas en el eNB, y I(k) es el ruido e interferencia estimados en el elemento de recurso k.

Las ecuaciones (2) a (4) muestran un diseño de ejemplo de estimación de ruido e interferencia. El ruido y la interferencia también se pueden estimar de otra manera, por ejemplo, como se describe en 3GPP TS 36.214, titulado "*Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical layer - Measurements*", que está disponible públicamente.

El UE puede estimar la calidad de la señal recibida de cada elemento de recurso. La calidad de la señal recibida puede cuantificarse mediante una relación señal-ruido e interferencia (SINR), una relación portadora-interferencia (C/I), etc. La SINR de cada elemento de recurso puede expresarse como:

$$\mathrm{SINR}(k) = \frac{\mathrm{P}(k)}{\mathrm{I}(k)}\ , \qquad \text{Ec. (5)}$$

donde P(k) es la potencia de transmisión del símbolo de referencia en el elemento de recurso k, y SINR(k) es la SINR del elemento de recurso k (en unidad lineal).

El UE también puede estimar la SINR de cada elemento de recurso de otras maneras. Por ejemplo, el UE puede estimar la SINR basándose en los símbolos de referencia recibidos, la matriz de canal estimada y la matriz de precodificación seleccionada y usando MMSE o alguna otra técnica.

El UE puede mapear la SINR a la eficiencia espectral en base a una función de capacidad/mapeo, de la siguiente manera:

$$SE(k) = f\,(SINR(k))\ , \qquad \text{Ec. (6)}$$

donde

SE(k) es la eficiencia espectral para el elemento de recurso k, y

f ( ) denota una función de mapeo para la eficiencia espectral.

La función de mapeo f ( ) puede capturar varios efectos como el esquema de modulación (por ejemplo, QPSK, 16-QAM, 64- QAM, etc.), la pérdida de SINR debido a un procesamiento del receptor imperfecto, etc.

El UE puede determinar una eficiencia espectral promedio para todos los elementos de recurso de interés de la siguiente manera:

$$SE_{avg} = \frac{1}{K}\sum_{k} SE(k)\ , \qquad \text{Ec. (7)}$$

donde

K es el número de elementos de recurso a promediar, y

SEavg es la eficiencia espectral promedio para todos los elementos de recurso.

El UE puede mapear la eficiencia espectral promedio a un esquema de modulación y codificación (MCS), que puede ser reportado por el UE en forma de CQI. En un diseño, el UE puede convertir la eficiencia espectral promedio en una SINR promedio, de la siguiente manera:

$$SINR_{avg} = 2\exp\,(SE_{avg} - 1)\ , \qquad \text{Ec. (8)}$$

donde "exp" denota una función exponencial.

El UE puede convertir la SINR promedio de una unidad lineal a una unidad logarítmica en decibel (dB). El UE puede luego mapear la SINR promedio (en unidades de dB) a CQI basándose en un mapeo de diferentes valores de SINR a diferentes valores de CQI.

Las ecuaciones (2) a (8) muestran un diseño ejemplar para calcular una SINR promedio para una matriz de precodificación específica **W**(k). El cálculo se puede realizar de otras formas. Por ejemplo, el UE puede estimar la matriz de canal **H**(k) y/o el ruido y la interferencia I(k) de otras maneras. El UE también puede promediar I(k) o SINR(k), o alguna otra cantidad en lugar de SE(k) en todos los elementos de recursos.

En un diseño, el UE puede realizar el cálculo del CQI (por ejemplo, como se describió anteriormente) para cada rango posible que se puede seleccionar para el UE. Por ejemplo, el UE puede realizar el cálculo de CQI para un conjunto de matrices de precodificación para el intervalo 1 y puede obtener un SINR promedio para una palabra de código, realizar el cálculo de CQI para otro conjunto de matrices de precodificación para el intervalo 2 y puede obtener dos SINR promedio para dos palabras de código, etc. Cada conjunto de matrices de precodificación puede incluir una matriz de precodificación para cada recurso de tiempo-frecuencia (por ejemplo, cada bloque de recursos) sobre el cual se calcula el CQI. El UE puede seleccionar el mejor rango, que puede estar asociado con la mayor eficiencia espectral general o alguna otra métrica. El UE puede reportar hasta valores de CQI L para hasta palabras de código L para el rango L seleccionado, donde L puede ser igual a 1, 2, etc. El UE también puede reportar el RI indicativo del rango seleccionado L.

En otro diseño, el UE puede realizar el cálculo del CQI para un rango específico que puede usarse para el UE. Este rango puede seleccionarse en base a las capacidades del UE, las condiciones del canal, etc. Por ejemplo, el rango 1 puede usarse si una SINR promedio a largo plazo está por debajo de un umbral, y el rango 2 puede usarse si la SINR promedio a largo plazo está por encima del umbral. El UE puede reportar el CQI para el rango específico y puede omitir reportar el RI.

En un diseño, el UE puede calcular y reportar el CQI para todo el ancho de banda del sistema, o para cada subbanda de interés, o para cada bloque de recursos de interés, o para algunos otros recursos de tiempo-frecuencia de interés. Los recursos de tiempo-frecuencia de interés pueden ser recursos en los que el UE puede programarse para la transmisión de datos y pueden configurarse para el UE o darse a conocer al UE de otras maneras.

Tanto para transmisiones de circuito abierto vagamente definidas como estrictamente definidas, el UE puede usar ciertas matrices de precodificación para calcular y notificar el CQI. El eNB puede transmitir datos utilizando (i) las mismas matrices de precodificación utilizadas por el UE para calcular el CQI (por ejemplo, para SU-MIMO) o (ii) diferentes matrices de precodificación (por ejemplo, para MU-MIMO o CoMP). El UE puede calcular y reportar el CQI para ciertos recursos de tiempo-frecuencia. El eNB puede programar el UE en algunos o todos los recursos de tiempo-frecuencia en los que se calculó el CQI. En cualquier caso, puede haber algunos errores entre el CQI reportado por el UE y el CQI real observado por ese UE. Estos errores pueden explicarse con HARQ.

El modo de reporte de circuito abierto se puede utilizar para reportes periódicos de CQI/RI en los que el UE envía un reporte periódicamente. El modo de reporte de circuito abierto también se puede utilizar para reportes de CQI/RI aperiódicos en los que el UE envía un reporte siempre que se solicita o se activa.

El eNB puede recibir el CQI y posiblemente el RI periódicamente desde el UE. En un diseño, el eNB puede seleccionar el número de palabras de código para transmitir al UE basándose en el RI recibido, y puede seleccionar uno o más esquemas de modulación y codificación para una o más palabras de código basándose en el CQI recibido. En otro diseño, el eNB puede filtrar el CQI recibido y posiblemente el RI basado en un filtro de respuesta de impulso infinito (IIR), un filtro de respuesta de impulso finito (FIR) o algún otro filtro. El eNB puede luego seleccionar el número de palabras de código a transmitir basándose en el RI filtrado, y puede seleccionar uno o más esquemas de modulación y codificación basados en el CQI filtrado.

En un diseño, el eNB puede aplicar un retroceso y puede reducir el CQI recibido o filtrado en una cantidad fija o variable. La cantidad variable de retroceso puede depender de la precisión esperada del CQI recibido o filtrado. El eNB puede luego seleccionar uno o más esquemas de modulación y codificación basados en el CQI reducido.

En general, el eNB puede procesar el CQI recibido y posiblemente el RI en base a cualquier función. El eNB puede seleccionar el número de palabras de código para transmitir al UE basándose en el RI procesado, y puede seleccionar uno o más esquemas de modulación y codificación para una o más palabras de código basándose en el CQI procesado.

La figura 6 muestra un diseño de un proceso 600 para reportar el CQI. El proceso 600 puede ser realizado por un UE (como se describe a continuación) o por alguna otra entidad. El UE puede determinar el CQI basándose en una suposición de un conjunto de matrices de precodificación utilizadas por una estación base para la transmisión de datos al UE (bloque 612). La estación base puede o no utilizar realmente el conjunto de matrices de precodificación asumidas por el UE. El UE puede enviar el CQI a la estación base, pero no enviaría el conjunto de matrices de precodificación (bloque 614). El UE puede recibir posteriormente la transmisión de datos enviada por la estación base al UE basado en el CQI (bloque 616). La transmisión de datos puede enviarse con precodificación con una pluralidad de matrices de precodificación para obtener diversidad de transmisión. La pluralidad de matrices de precodificación puede incluir cero, algunas o todas las matrices de precodificación en el conjunto de matrices de precodificación asumidas por el UE.

En un diseño del bloque 612, el UE puede determinar el conjunto de matrices de precodificación para un conjunto de recursos de tiempo-frecuencia disponibles para la transmisión de datos al UE. El conjunto de recursos de tiempo-frecuencia puede corresponder a un conjunto de bloques de recursos, o un conjunto de sub-bandas, o un conjunto de partes de ancho de banda, o un conjunto de elementos de recursos, o todo el ancho de banda del sistema, o algunas otras unidades de tiempo y frecuencia. Se puede usar una matriz de precodificación en el conjunto de matrices de precodificación para cada recurso de tiempo-frecuencia, por ejemplo, una matriz de precodificación para cada bloque de recursos que comprende 12 subportadoras en una ranura, o para cada par de bloques de recursos que comprenden 12 subportadoras en una subtrama, o para algún otro número de bloques de recursos. En un diseño, el UE puede seleccionar matrices de precodificación aleatorias para el conjunto de recursos de tiempo-frecuencia. El conjunto de matrices de precodificación puede comprender las matrices de precodificación aleatorias. En otro diseño, el UE puede usar una matriz de precodificación designada para cada recurso de tiempo-frecuencia. El conjunto de matrices de precodificación puede comprender la matriz de precodificación designada para cada recurso de tiempo-frecuencia. El UE también puede determinar el conjunto de matrices de precodificación de otras maneras.

El UE puede determinar el CQI utilizando el conjunto de matrices de precodificación para el conjunto de recursos de tiempo-frecuencia. En un diseño, el UE puede determinar la calidad de la señal recibida de cada recurso de tiempo-frecuencia de basándose en una matriz de precodificación para ese recurso de tiempo-frecuencia. Para cada recurso de tiempo-frecuencia, el UE puede estimar una matriz de canal para un canal inalámbrico desde la estación base al UE para el recurso de tiempo-frecuencia. El UE puede determinar una matriz de canal efectiva para cada

recurso de tiempo-frecuencia en base a la matriz estimada del canal y la matriz de precodificación para el recurso de tiempo-frecuencia, por ejemplo, como se muestra en la ecuación (3). El UE puede estimar la calidad de la señal recibida de cada recurso de tiempo-frecuencia basándose en la matriz de canal efectiva para ese recurso de tiempo-frecuencia. El UE puede entonces determinar el CQI basándose en las cualidades de la señal recibida del conjunto de recursos de tiempo-frecuencia. En un diseño, el UE puede promediar las cualidades de la señal recibida del conjunto de recursos de tiempo-frecuencia para obtener una calidad de señal recibida promedio. El promedio se puede realizar de diversas maneras, por ejemplo, basándose en la calidad de la señal recibida, la eficiencia espectral, etc. El UE puede determinar el CQI basándose en la calidad de la señal recibida promediada.

En un diseño, el UE puede evaluar diferentes rangos posibles que se pueden usar para la transmisión de datos al UE. El UE puede determinar un conjunto de matrices de precodificación para cada una de una pluralidad de rangos. El UE puede determinar una métrica para cada rango basándose en el conjunto de matrices de precodificación para ese intervalo. La métrica puede basarse en la calidad de la señal recibida, la eficiencia espectral, el rendimiento, etc. El UE puede seleccionar uno de la pluralidad de rangos basándose en las métricas para todos los rangos. El UE puede determinar el CQI para el rango seleccionado basándose en el conjunto de matrices de precodificación para el rango seleccionado. El UE puede enviar un RI indicativo del rango seleccionado a la estación base. El UE puede recibir posteriormente una transmisión de datos que comprende paquetes de datos L o palabras de código de la estación base, donde L puede determinarse basándose en (por ejemplo, puede ser igual que) el rango seleccionado.

La figura 7 muestra un diseño de un aparato 700 para reportar el CQI. El aparato 700 incluye un módulo 712 para determinar el CQI mediante un UE basado en una suposición de un conjunto de matrices de precodificación utilizado por una estación base para transmitir datos al UE, un módulo 714 para enviar el CQI desde el UE a la estación base, y un módulo 716 para recibir la transmisión de datos enviada por la estación base al UE en base al CQI, la transmisión de datos se envía usando una pluralidad de matrices de precodificación para obtener diversidad de transmisión.

La figura 8 muestra un diseño de un proceso 800 para recibir el CQI. El proceso 800 puede ser realizado por una estación base (como se describe a continuación) o por alguna otra entidad. La estación base puede recibir el CQI determinado por un UE basado en una suposición de un conjunto de matrices de precodificación utilizado por la estación base para la transmisión de datos al UE (bloque 812). La estación base puede enviar la transmisión de datos al UE basándose en el CQI (bloque 814). En un diseño del bloque 814, la estación base puede seleccionar al menos un MCS basándose en el CQI. La estación base puede luego procesar datos para el UE basándose en al menos un MCS.

La estación base puede realizar una precodificación para la transmisión de datos basándose en una pluralidad de matrices de precodificación para obtener diversidad de transmisión. En un diseño, la pluralidad de matrices de precodificación puede incluir al menos una matriz de precodificación en el conjunto de matrices de precodificación asumidas por el UE. En un diseño, la pluralidad de matrices de precodificación puede incluir al menos una matriz de precodificación en el conjunto de matrices de precodificación. En general, la pluralidad de matrices de precodificación utilizadas por la estación base puede incluir cero, algunas o todas las matrices de precodificación en el conjunto de matrices de precodificación asumidas por el UE.

En un diseño, la estación base puede recibir el CQI periódicamente del UE y puede promediar el CQI. La estación base puede enviar la transmisión de datos basándose en el CQI promediado. En un diseño, la estación base puede ajustar el CQI basándose en un retroceso y puede enviar la transmisión de datos basándose en el CQI ajustado. La estación base también puede procesar el CQI desde el UE de otras maneras y puede usar el CQI procesado (en lugar del CQI recibido) para la transmisión de datos al UE.

En un diseño, la estación base puede recibir el RI indicativo de un rango seleccionado por el UE. La estación base puede enviar paquetes de datos L o palabras de código para la transmisión de datos, donde L puede determinarse basándose en el rango seleccionado por el UE.

En un diseño, el UE puede programarse para la transmisión de datos en un subconjunto de los recursos de tiempo-frecuencia sobre los que se determina el CQI. En otro diseño, el UE puede programarse en todos los recursos de tiempo-frecuencia sobre los que se determina el CQI. En un diseño, el UE puede programarse para la transmisión SU-MIMO mediante la estación base. En otro diseño, el UE y al menos otro UE pueden programarse para la transmisión MU-MIMO mediante la estación base. En otro diseño más, el UE y al menos otro UE pueden programarse para la transmisión CoMP mediante múltiples celdas, que pueden incluir al menos una celda de la estación base. El UE también puede programarse de otras maneras.

La figura 9 muestra un diseño de un aparato 900 para recibir el CQI. El aparato 900 incluye un módulo 912 para recibir el CQI determinado por un UE basándose en la suposición de un conjunto de matrices de precodificación utilizado por una estación base para la transmisión de datos al UE, y un módulo 914 para enviar la transmisión de datos desde la estación base al UE basado en el CQI.

Los módulos de las figuras 7 y 9 pueden comprender procesadores, dispositivos electrónicos, dispositivos de hardware, componentes electrónicos, circuitos lógicos, memorias, códigos de software, códigos de firmware, etc., o cualquier combinación de los mismos.

La figura 10 muestra un diagrama de bloques de un diseño de una estación base/eNB 110 y un UE 120, que puede ser una de las estaciones base/eNB y uno de los UE en la figura 1. La estación base 110 puede estar equipada con antenas T 1034a a 1034t, y el UE 120 puede estar equipado con antenas R 1052a a 1052r, donde en general T > 1 y R□1.

En la estación base 110, un procesador de transmisión 1020 puede recibir datos desde una fuente de datos 1012 para uno o más UE, procesar (por ejemplo, codificar y modular) los datos para cada UE basándose en uno o más esquemas de modulación y codificación seleccionados para ese UE, y proporcionar símbolos de datos para todos los UE. El procesador de transmisión 1020 también puede procesar información de control y proporcionar símbolos de control. El procesador de transmisión 1020 también puede generar símbolos de referencia para una o más señales de referencia tales como CRS, CSI-RS, UE-RS, etc. Un procesador MIMO 1030 de transmisión (TX) puede precodificar los símbolos de datos, los símbolos de control y/o los símbolos de referencia (si corresponde) y puede proporcionar flujos de símbolos de salida T a los moduladores T (MOD) 1032a a 1032t. Cada modulador 1032 puede procesar su flujo de símbolos de salida (por ejemplo, para OFDM, etc.) para obtener un flujo de muestra de salida. Cada modulador 1032 puede además condicionar (por ejemplo, convertir a analógico, filtrar, amplificar y convertir hacia arriba) su flujo de muestra de salida y generar una señal de enlace descendente. Las señales de enlace descendente de T de los moduladores 1032a a 1032t pueden transmitirse a través de antenas T 1034a a 1034t, respectivamente.

En el UE 120, las antenas R 1052a a 1052r pueden recibir las señales de enlace descendente desde la estación base 110 y otras estaciones base, y cada antena 1052 puede proporcionar una señal recibida a un demodulador asociado (DEMOD) 1054. Cada demodulador 1054 puede condicionar (por ejemplo, filtrar, amplificar, convertir y digitalizar) su señal recibida para obtener muestras, y puede procesar más las muestras (por ejemplo, para OFDM, etc.) para obtener símbolos recibidos. Cada demodulador 1054 puede proporcionar símbolos de datos recibidos a un detector MIMO 1060 y proporcionar símbolos de referencia recibidos a un procesador de canal 1094. El procesador de canal 1094 puede derivar una estimación de canal para un canal inalámbrico desde la estación base 110 al UE 120 basándose en los símbolos de referencia recibidos. El procesador de canal 1094 también puede determinar el CQI y posiblemente el RI basándose en los símbolos de referencia recibidos, como se describió anteriormente. El procesador de canal 1094 puede proporcionar la estimación de canal al detector MIMO 1060 y puede proporcionar el CQI y posiblemente el RI a un controlador/procesador 1090. El detector MIMO 1060 puede realizar la detección MIMO en los símbolos de datos recibidos (si corresponde) basándose en la estimación del canal y puede proporcionar los símbolos detectados. Un procesador de recepción 1070 puede procesar (por ejemplo, demodular y decodificar) los símbolos detectados, proporcionar datos decodificados para el UE 120 a un colector de datos 1072 y proporcionar información de control decodificada al controlador/procesador 1090.

El UE 120 puede determinar el CQI y posiblemente el RI como se describió anteriormente. La información del canal (por ejemplo, que comprende el CQI, posiblemente el RI, etc.), otra información de control y los datos de una fuente de datos 1078 pueden procesarse por un procesador de transmisión 1080, precodificarse por un procesador TX MIMO 1082 si corresponde, procesarse adicionalmente por los moduladores 1054a a 1054r y transmitirse a la estación base 110. En la estación base 110, las señales de enlace ascendente desde el UE 120 y otros UE pueden ser recibidas por las antenas 1034, procesadas por demoduladores 1032, detectadas por un detector MIMO 1036 si corresponde, y procesadas adicionalmente por un procesador receptor 1038 para recuperar los datos y la información de control enviados por el UE 120 y otros UE. El procesador 1038 puede proporcionar los datos recuperados a un colector de datos 1039 y puede proporcionar la información de control recuperada y la información de canal al controlador/procesador 1040.

Los controladores/procesadores 1040 y 1090 pueden dirigir la operación en la estación base 110 y el UE 120, respectivamente. El procesador 1040 y/u otros procesadores y módulos en la estación base 110 pueden realizar o dirigir el proceso 800 en la figura 8 y/u otros procesos para las técnicas descritas en la presente. El procesador 1090 y/u otros procesadores y módulos en el UE 120 pueden realizar o dirigir el proceso 600 en la figura 6 y/u otros procesos para las técnicas descritas en la presente. Las memorias 1042 y 1092 pueden almacenar datos y códigos de programa para la estación base 110 y el UE 120, respectivamente. Un programador 1044 puede programar el UE 120 y/u otros UE para la transmisión de datos en el enlace descendente y/o el enlace ascendente en base a la información de canal recibida de todos los UE.

Los expertos en la materia entenderán que la información y las señales pueden representarse utilizando cualquier diversidad de tecnologías y técnicas diferentes Por ejemplo, los datos, instrucciones, comandos, información, señales, bits, símbolos y chips a los que se puede hacer referencia en toda la descripción anterior pueden estar representados por voltajes, corrientes, ondas electromagnéticas, campos magnéticos o partículas, campos ópticos o partículas, o cualquier combinación de los mismos.

Los expertos apreciarán además que los diversos bloques lógicos, módulos, circuitos y pasos de algoritmo ilustrativos descritos en relación con la divulgación en la presente pueden implementarse como hardware electrónico, software informático o combinaciones de ambos. Para ilustrar claramente esta intercambiabilidad de hardware y software, diversos componentes, bloques, módulos, circuitos y etapas ilustrativos se han descrito anteriormente en general en términos de su funcionalidad. Si dicha funcionalidad se implementa como hardware o software depende de la aplicación particular y las restricciones de diseño impuestas en el sistema general. Los expertos pueden implementar la funcionalidad descrita de diferentes maneras para cada aplicación en particular, pero dichas decisiones de implementación no deben interpretarse como una desviación del alcance de la presente divulgación.

Los diversos bloques lógicos, módulos y circuitos ilustrativos descritos en relación con la divulgación en la presente pueden implementarse o realizarse con un procesador de propósito general, un procesador de señal digital (DSP), un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC), arreglos de compuertas lógicas programables en sitio (FPGA) u otro dispositivo lógico programable, compuerta discreta o lógica de transistor, componentes de hardware discretos o cualquier combinación de los mismos diseñada para realizar las funciones descritas en la presente. Un procesador de propósito general puede ser un microprocesador, pero como alternativa, el procesador puede ser cualquier procesador convencional, controlador, microcontrolador o máquina de estado. 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 DSP o cualquier otra configuración de este tipo.

Las etapas de un método o algoritmo descrito en relación con la presente divulgación pueden realizarse directamente en hardware, en un módulo de software ejecutado por un procesador o en una combinación de los dos. Un módulo de software puede residir en una memoria RAM, memoria flash, memoria ROM, memoria EPROM, memoria EEPROM, registros, disco duro, un disco extraíble, un CD-ROM, o cualquier otra forma de medio de almacenamiento conocida en la técnica. Un medio de almacenamiento de ejemplo está acoplado al procesador de tal manera que el procesador puede leer información desde, y escribir información en el medio de almacenamiento. Como alternativa, el medio de almacenamiento de muestra puede formar parte del procesador. El procesador y el medio de almacenamiento pueden residir en un ASIC. El ASIC puede estar en una terminal de usuario. Como alternativa, el procesador y el medio de almacenamiento pueden residir como componentes discretos en una terminal de usuario.

En uno o más diseños de ejemplo, las funciones descritas pueden implementarse en hardware, software, firmware o cualquier combinación de los mismos. Si se implementa en software, las funciones pueden almacenarse o transmitirse como una o más instrucciones o código en un medio legible por ordenador. Los medios legibles por ordenador incluyen tanto los medios de almacenamiento por ordenador como los medios de comunicación que incluyen cualquier medio que facilita la transferencia de un programa informático de un lugar a otro. Un medio de almacenamiento puede ser cualquier medio disponible al que se pueda acceder mediante un ordenador de propósito general o de propósito especial. A modo de ejemplo, y no restrictivo, dichos medios legibles por ordenador pueden comprender RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM u otro almacenamiento en disco óptico, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio que pueda usarse para transportar o almacenar los medios de código de programa deseados en forma de instrucciones o estructuras de datos y a los que se pueda acceder mediante un ordenador de propósito general o de propósito especial, o un procesador de propósito general o de propósito especial. Además, cualquier conexión se denomina correctamente un medio legible por ordenador. Por ejemplo, si el software se transmite desde un sitio web, servidor u otra fuente remota utilizando un cable coaxial, cable de fibra óptica, par trenzado, línea de suscriptor digital (DSL) o tecnologías inalámbricas como infrarrojos, radio y microondas, entonces el cable coaxial, cable de fibra óptica, par trenzado, DSL o tecnologías inalámbricas como infrarrojos, radio y microondas se incluyen en la definición de medio. El disco, como se usa en la presente, incluye disco compacto (CD), disco láser, disco óptico, disco versátil digital (DVD), disquete y disco Blu-ray, donde los discos generalmente reproducen datos magnéticamente, mientras que los discos reproducen datos ópticamente con láser. Las combinaciones de los anteriores también deben incluirse dentro del alcance de los medios legibles por ordenador.

La descripción anterior de la divulgación se proporciona para permitir que cualquier persona experta en la técnica realice o utilice la divulgación. Varias modificaciones de la divulgación resultarán fácilmente evidentes para los expertos en la técnica, y los principios genéricos definidos en la presente pueden aplicarse a otras variaciones sin apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Por lo tanto, no se pretende que la divulgación se limite a los ejemplos y diseños descritos en la presente, sino que debe concederse el mayor alcance posible, de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método (600) para la comunicación inalámbrica, que comprende:

determinar (612), en un equipo de usuario, UE (120), un indicador de calidad de canal, CQI, utilizando un conjunto de matrices de precodificación que asume el UE (120), el conjunto de matrices de precodificación asumido por el UE (120) es para un conjunto de recursos de tiempo-frecuencia disponible para la transmisión de datos al UE (120) para obtener diversidad de transmisión, y el UE selecciona matrices de precodificación aleatorias para el conjunto de recursos de tiempo-frecuencia, el UE (120) asume el conjunto de matrices de precodificación para el conjunto de recursos de tiempo-frecuencia en base a una estación base (110) seleccionando pseudoaleatoriamente un conjunto de matrices de precodificación para la transmisión de datos al UE (120), en donde el conjunto de matrices de precodificación asumido por el UE es diferente del conjunto de matrices de precodificación seleccionado pseudoaleatoriamente por la estación base (110) para la transmisión de datos al UE (120); y
enviar (614) el CQI desde el UE (120) a la estación base (110).

2. El método (600) de la reivindicación 1, que además comprende:

recibir (616) la transmisión de datos enviada por la estación base (110) al UE (120) en base al CQI, en donde la transmisión de datos se envía usando una pluralidad de matrices de precodificación para obtener dicha diversidad de transmisión, la pluralidad de matrices de precodificación se selecciona pseudoaleatoriamente del conjunto de matrices de precodificación.

3. El método (600) de la reivindicación 1, en donde el conjunto de recursos de tiempo-frecuencia corresponde a un conjunto de bloques de recursos, y en donde se utiliza una matriz de precodificación en el conjunto de matrices de precodificación asumidas por el UE (120) para cada bloque de recursos el conjunto de bloques de recursos.

4. El método (600) de la reivindicación 1, en donde la determinación (612) del CQI utilizando el conjunto de matrices de precodificación asumidas por el UE (120) para el conjunto de recursos de tiempo-frecuencia comprende
determinar la calidad de la señal recibida de cada una de la pluralidad de recursos de tiempo-frecuencia en base a una matriz de precodificación para el recurso de tiempo-frecuencia en el conjunto de matrices de precodificación asumidas por el UE (120), y
determinar el CQI basándose en las cualidades de la señal recibida del conjunto de recurso de tiempo-frecuencia.

5. El método (600) de la reivindicación 4, en donde la determinación de la calidad de la señal recibida de cada recurso de tiempo-frecuencia comprende
estimar una matriz de canales para un canal inalámbrico desde la estación base (110) al UE (120) para el recurso de tiempo-frecuencia,
determinar una matriz de canal efectiva basada en la matriz de canal estimada y la matriz de precodificación para el recurso de tiempo-frecuencia, y
estimar la calidad de la señal recibida del recurso de tiempo-frecuencia basándose en la matriz de canal efectiva.

6. El método (600) de la reivindicación 4, en donde la determinación del CQI en base a las cualidades de la señal recibida del conjunto de recursos de tiempo-frecuencia comprende
promediar las cualidades de la señal recibida del conjunto de recursos de tiempo-frecuencia para obtener una calidad de señal recibida promedio, y
determinar el CQI en base a la calidad de la señal recibida promediada.

7. El método (600) de la reivindicación 1, que además comprende:

determinar un conjunto de matrices de precodificación para cada una de una pluralidad de rangos;
determinar una métrica para cada pluralidad de rangos en base al conjunto de matrices de precodificación para el rango; y seleccionar uno de la pluralidad de rangos en base a la métrica para cada rango, y
en donde el CQI se determina basándose en el conjunto de matrices de precodificación para el rango seleccionado y el conjunto de matrices de precodificación asumidas por el UE (120) comprende el conjunto de matrices de precodificación para el rango seleccionado.

8. El método (600) de la reivindicación 7, que además comprende:

enviar indicador de rango, RI, indicativo del rango seleccionado a la estación base; y
recibir transmisión de datos que comprende paquetes de datos L enviados por la estación base (110) al UE (120) basándose en el CQI, donde L se determina basándose en el rango seleccionado.

9. Un aparato (700) para la comunicación inalámbrica, que comprende:

medios para determinar (712) el indicador de calidad del canal, CQI, utilizando un conjunto de matrices de precodificación que asume el UE (120), el conjunto de matrices de precodificación asumido por el UE (120) es para

un conjunto de recursos de tiempo-frecuencia disponible para la transmisión de datos al UE (120) para obtener diversidad de transmisión, y el UE (120) selecciona matrices de precodificación aleatorias para el conjunto de recursos de tiempo-frecuencia, el UE (120) asume el conjunto de matrices de precodificación para el conjunto de recursos de tiempo-frecuencia en base a una estación base (110) seleccionando pseudoaleatoriamente un conjunto de matrices de precodificación para la transmisión de datos al UE (120), en donde el conjunto de matrices de precodificación asumido por el UE (120) es diferente del conjunto de matrices de precodificación seleccionado pseudoaleatoriamente por la estación base (110) para la transmisión de datos al UE (120); y
medios para enviar (714) el CQI desde el UE (120) a la estación base (110).

10. Un producto de programa informático, que comprende:

un medio legible por ordenador que comprende:
instrucciones, que cuando se ejecutan en un ordenador, hacen que dicho ordenador lleve a cabo los pasos de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

11. Un método (800) para la comunicación inalámbrica, que comprende:

recibir (812) el indicador de calidad de canal, CQI determinado por un equipo de usuario, UE (120) utilizando un conjunto de matrices de precodificación que asume el UE (120), el conjunto de matrices de precodificación asumido por el UE (120) es para un conjunto de recursos de tiempo-frecuencia disponible para la transmisión de datos al UE (120) para obtener diversidad de transmisión, y el UE (120) selecciona matrices de precodificación aleatorias para el conjunto de recursos de tiempo-frecuencia, el UE (120) asume el conjunto de matrices de precodificación para el conjunto de recursos de tiempo-frecuencia en base a una estación base (110) seleccionando pseudoaleatoriamente un conjunto de matrices de precodificación para la transmisión de datos al UE (120), en donde el conjunto de matrices de precodificación asumido por el UE (120) es diferente del conjunto de matrices de precodificación seleccionado pseudoaleatoriamente por la estación base (110) para la transmisión de datos al UE (120); y
enviar (814) transmisión de datos desde la estación base (110) al UE (120) basándose en el CQI.

12. El método (800) de la reivindicación 11, en donde el envío (814) de la transmisión de datos comprende
seleccionar al menos un esquema de modulación y codificación, MCS, basado en el CQI, y
procesar datos para el UE (120) en base al menos un MCS.

13. El método (800) de la reivindicación 11, que además comprende:

recibir periódicamente el CQI del UE (120); y
promediar el CQI recibido periódicamente del UE (120), y
en donde el envío de la transmisión de datos comprende el envío de la transmisión de datos basándose en el CQI promediado.

14. Un aparato (900) para la comunicación inalámbrica, que comprende:

medios para recibir (912) el indicador de calidad de canal, CQI determinado por un equipo de usuario, UE (120) utilizando un conjunto de matrices de precodificación que asume el UE (120), el conjunto de matrices de precodificación asumido por el UE (120) es para un conjunto de recursos de tiempo-frecuencia disponible para la transmisión de datos al UE (120) para obtener diversidad de transmisión, y el UE (120) selecciona matrices de precodificación aleatorias para el conjunto de recursos de tiempo-frecuencia, el UE (120) asume el conjunto de matrices de precodificación para el conjunto de recursos de tiempo-frecuencia en base a una estación base (110) seleccionando pseudoaleatoriamente un conjunto de matrices de precodificación para la transmisión de datos al UE (120), en donde el conjunto de matrices de precodificación asumido por el UE (120) es diferente del conjunto de matrices de precodificación seleccionado pseudoaleatoriamente por la estación base (110) para la transmisión de datos al UE (120); y
medios para enviar (914) la transmisión de datos desde la estación base (110) al UE (120) basándose en el CQI.

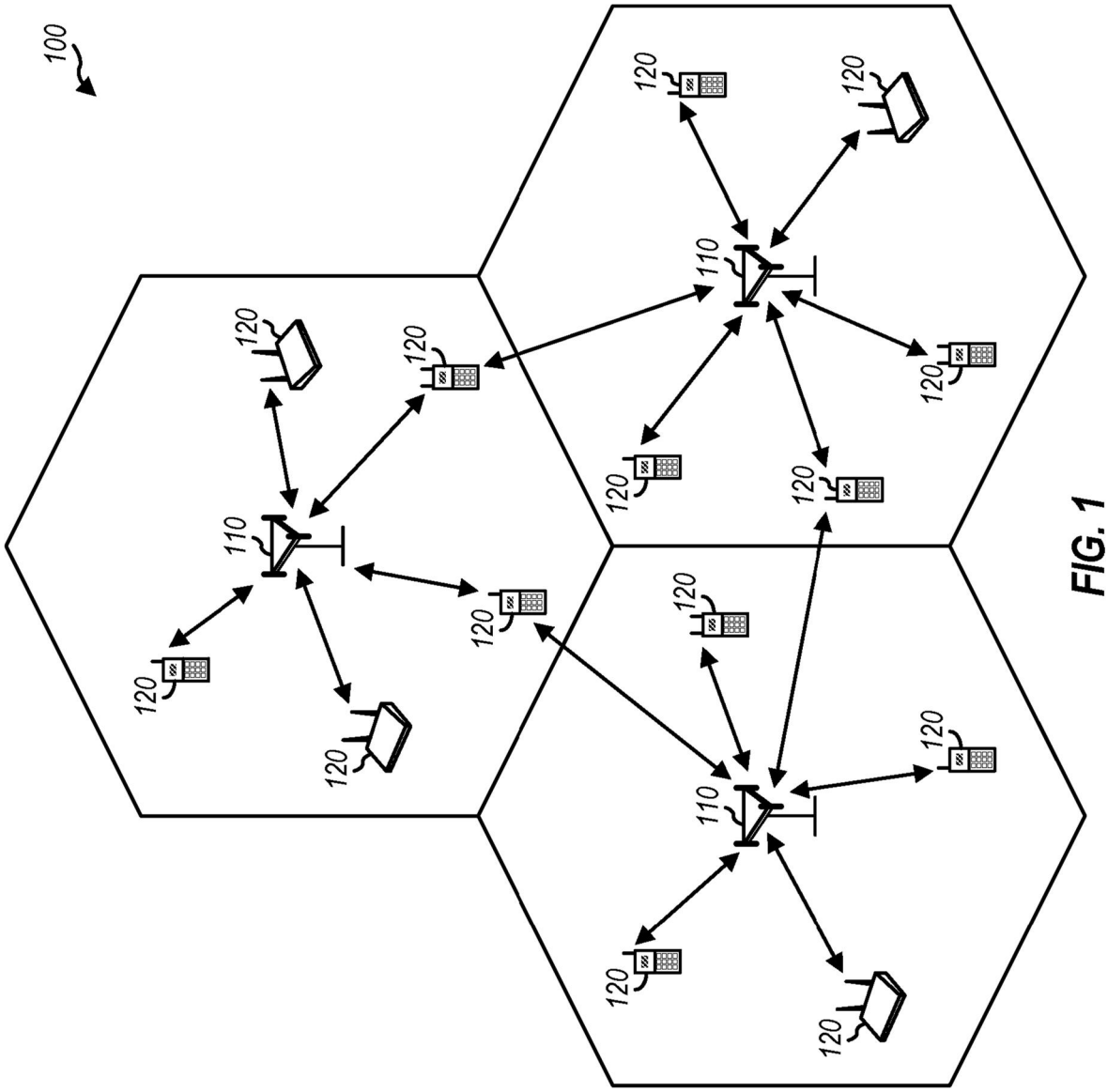


FIG. 1

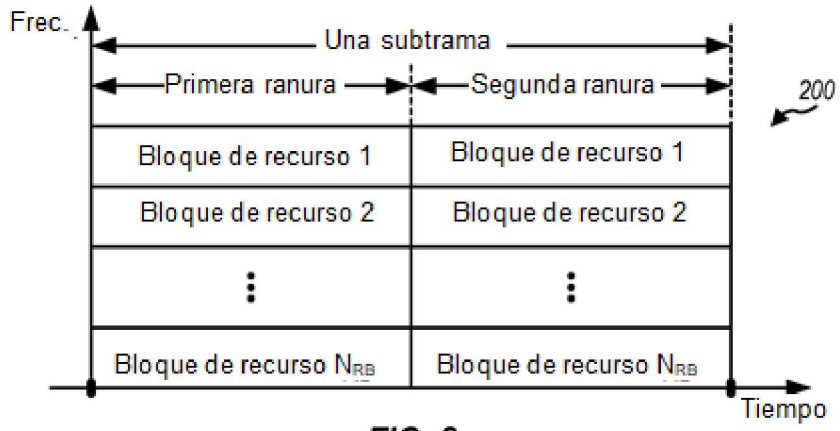

Frec.
Una subtrama
Primera ranura
Segunda ranura
200
Bloque de recurso 1
Bloque de recurso 1
Bloque de recurso 2
Bloque de recurso 2
Bloque de recurso N_{RB}
Bloque de recurso N_{RB}
Tiempo

FIG. 2

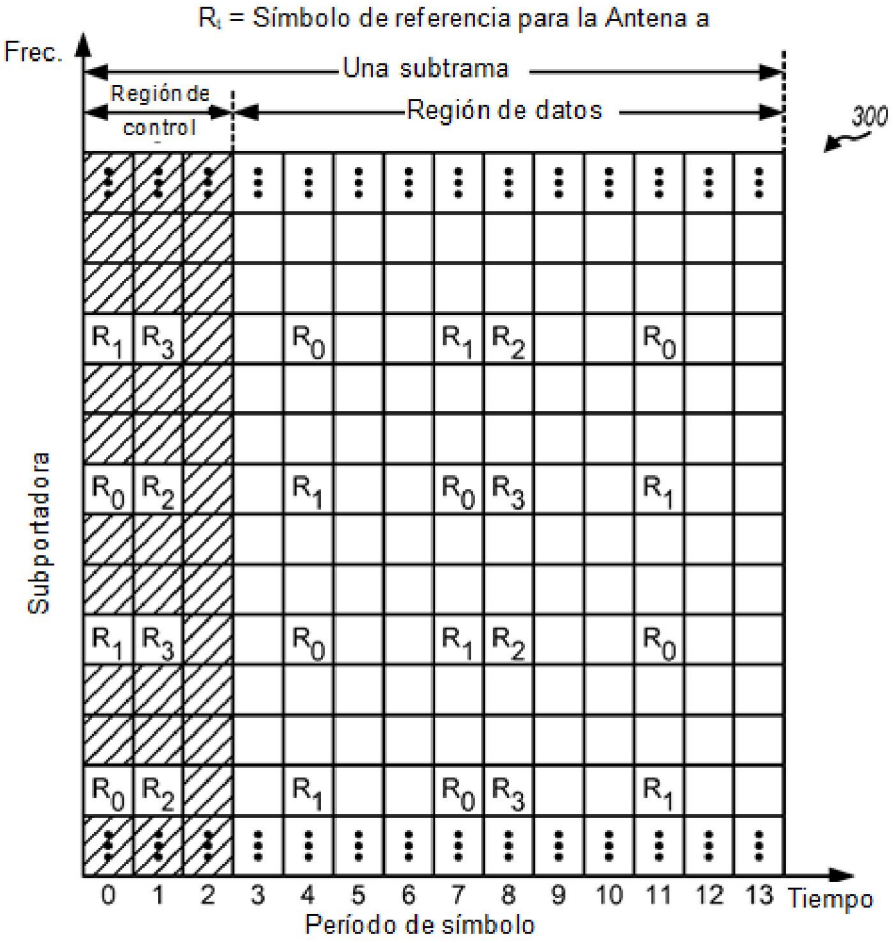

R_i = Símbolo de referencia para la Antena a
Frec.
Una subtrama
Región de control
Región de datos
300
Subportadora
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13
Tiempo
Período de símbolo

FIG. 3


Reporte de circuito cerrado
1 El eNB transmite CSI-RS y/o CRS
3 El UE envía PMI, RI y CQI
4 El eNB transmite CRS y datos usando PMI, RI y CQI reportados
eNB
UE
2 El UE selecciona una matriz de predocificación y determina el rango y el CQI

FIG. 4

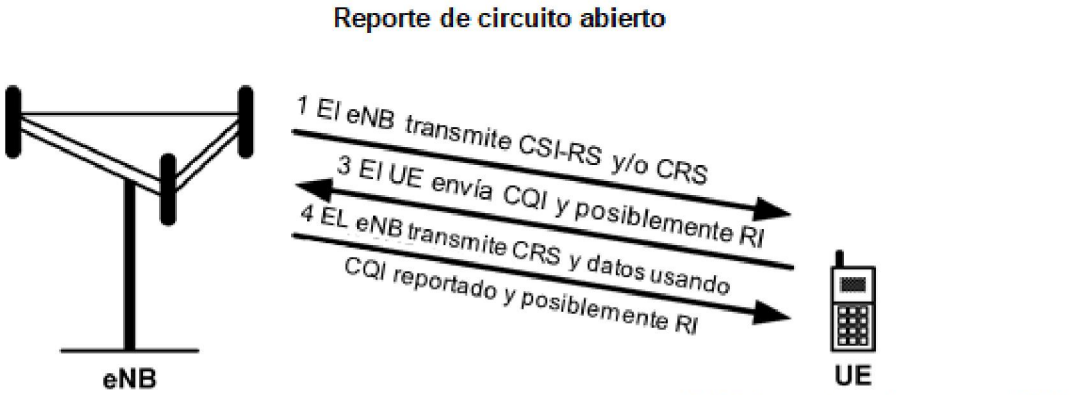

Reporte de circuito abierto
1 El eNB transmite CSI-RS y/o CRS
3 El UE envía CQI y posiblemente RI
4 EL eNB transmite CRS y datos usando CQI reportado y posiblemente RI
eNB
UE
2 UE determina el rango y el CQI basándose en la suposición de un conjunto de matrices de precodificación utilizadas para la diversidad de transmisión

FIG. 5

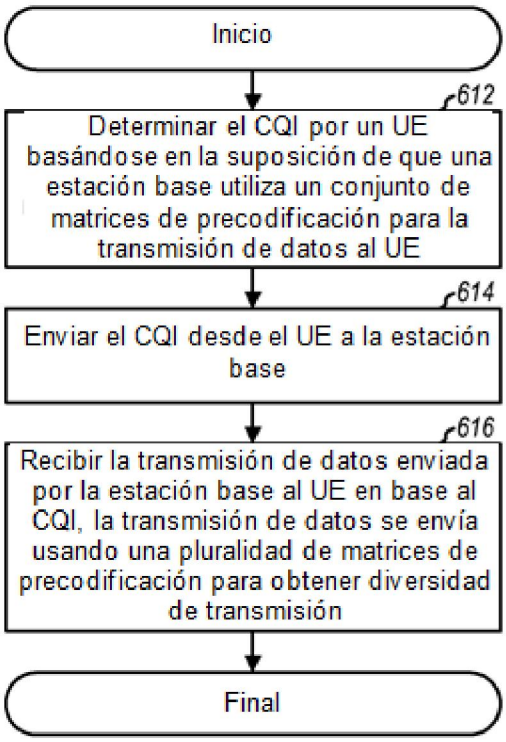


FIG. 6

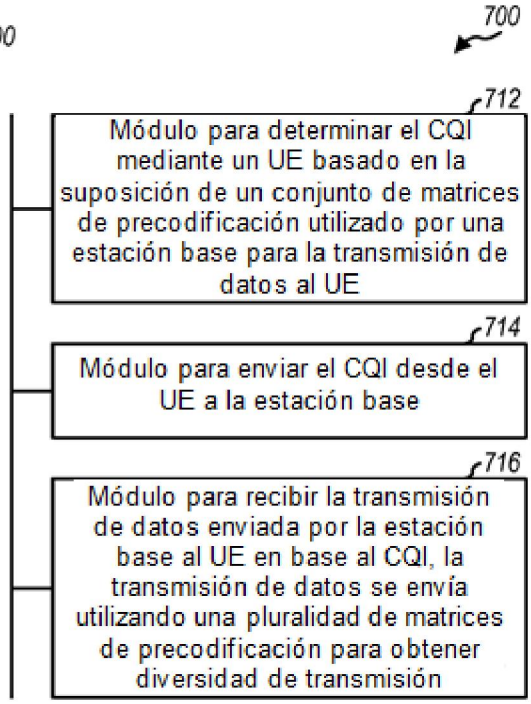


FIG. 7

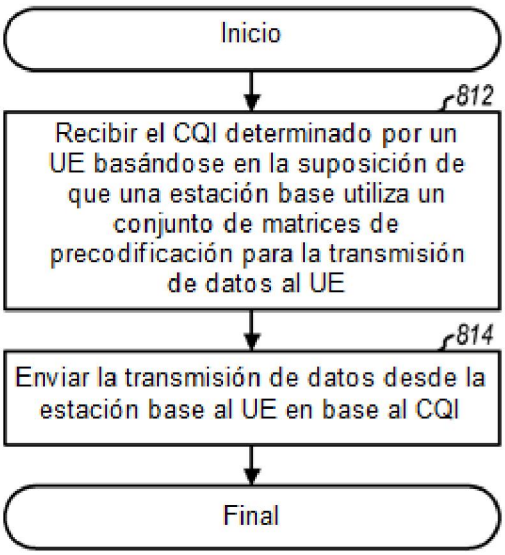


FIG. 8

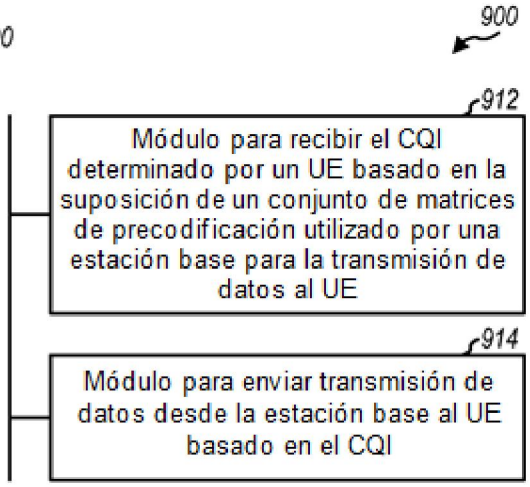


FIG. 9

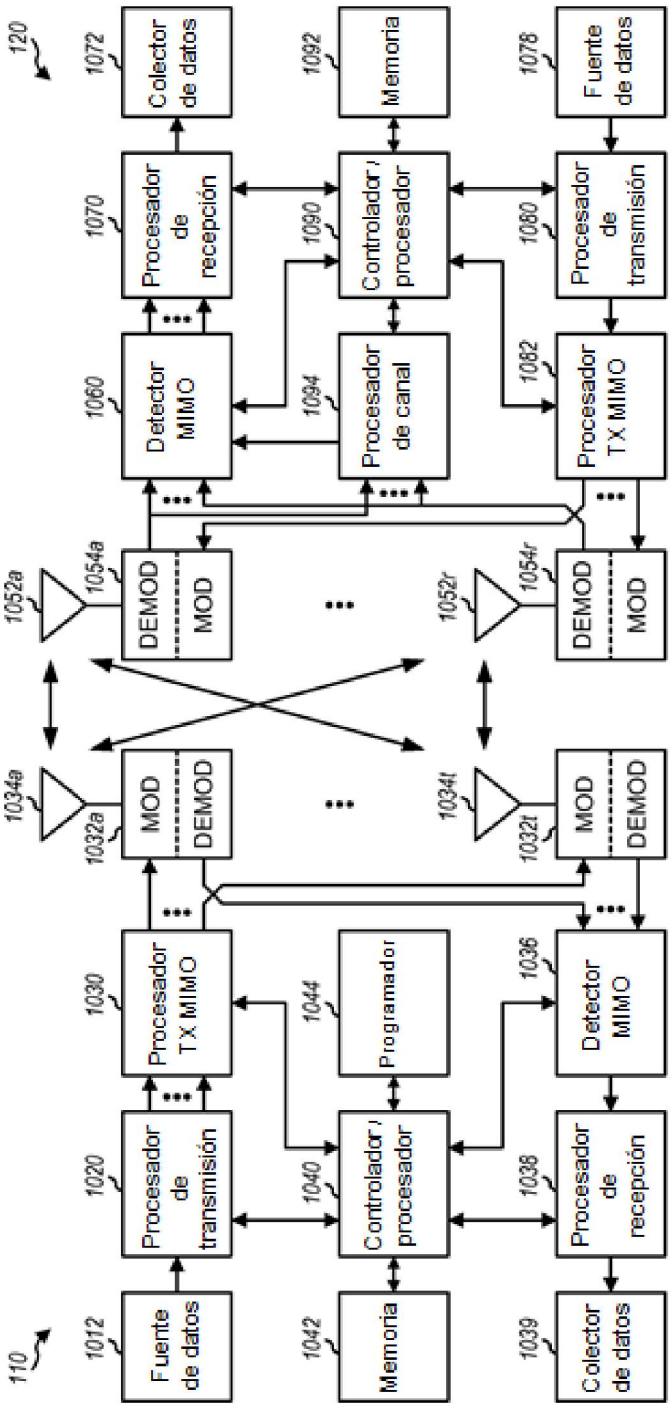

110
120
1012
Fuente de datos
1020
Procesador de transmisión
1030
Procesador TX MIMO
1032a
MOD
DEMOD
1034a
1052a
1054a
DEMOD
MOD
1060
Detector MIMO
1070
Procesador de recepción
1072
Colector de datos
1040
Controlador / procesador
1042
Memoria
1044
Programador
1090
Controlador / procesador
1092
Memoria
1094
Procesador de canal
1038
Procesador de recepción
1039
Colector de datos
1036
Detector MIMO
1080
Procesador de transmisión
1082
Procesador TX MIMO
1078
Fuente de datos
1032t
MOD
DEMOD
1034t
1052r
1054r
DEMOD
MOD

FIG. 10