

INFORMACIÓN DE CONTROL DE ENLACE ASCENDENTE

CAMPO

[0001] Las modalidades de la presente descripción se refieren en general al campo de las telecomunicaciones y, en particular, a métodos, dispositivos, aparatos y medios de almacenamiento legibles por computadora para el diseño de información de control de enlace ascendente (UCI, por sus siglas en inglés).

ANTECEDENTES

[0002] En 3GPP New Radio (NR) Rel-15 y 16, se ha introducido un mecanismo de compresión para reducir la sobrecarga al reportar información de estado del canal (CSI, por sus siglas en inglés) de los UE a la estación transceptora base (BTS, por sus siglas en inglés), que se requiere para operar múltiples entradas múltiples salidas de múltiples usuarios (MU-MIMO, por sus siglas en inglés) en el enlace descendente. El mecanismo consiste en dos operaciones basadas en DFT en el dominio espacial y en el dominio de frecuencia. Estas operaciones se aplican a cada capa para los indicadores de rango (RI, por sus siglas en inglés) de 1 a 4. El mensaje CSI puede comprender un indicador de calidad de canal (CQI, por sus siglas en inglés) y un indicador de matriz de precodificación (PMI, por sus siglas en inglés). El CQI puede obtenerse a partir de una estimación del SINR esperado después de la decodificación de una palabra de código multiplexada a través de las capas espaciales reportadas y el PMI puede comprender un conjunto de ponderaciones de precodificación de valor complejo que se necesitan para lograr ese CQI. Tanto los parámetros CQI como PMI se reportan por subbanda. El PMI se representa por una matriz para cada capa reportada, cada una de las cuales contiene tantos vectores de columna como número de subbandas. Las operaciones de compresión SD y FD se aplican a estas matrices PMI en sus filas y columnas, respectivamente.

[0003] Un aspecto importante de la señalización CSI para MU-MIMO es la disposición de los componentes del PMI comprimido en el mensaje de información de control de enlace ascendente (UCI). De manera convencional, este mensaje puede organizarse en dos partes, a saber, "UCI parte 1" y "UCI parte 2". La "UCI parte 1" puede comprender la información CQI y los parámetros necesarios para determinar el tamaño de la carga útil de la "UCI parte 2". La "UCI parte 1" transmitida en el canal físico de control de enlace ascendente (PUCCH, por sus siglas en inglés) puede tener una carga útil muy corta y de tamaño fijo y puede codificarse con un código de corrección de errores en sentido directo muy fuerte para garantizar una decodificación sin errores. La "parte 2 de UCI" puede comprender la mayor parte del PMI comprimido y transmitirse en el canal compartido de enlace ascendente físico (PUSCH, por sus siglas en inglés), por lo que tiene la misma protección contra errores que los datos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

[0004] En general, las modalidades ilustrativas de la presente descripción proporcionan una solución para el diseño de información de control de enlace ascendente (UCI).

5 **[0005]** En un primer aspecto, se proporciona un método. El método comprende determinar, en un dispositivo terminal, una matriz que comprende un conjunto de coeficientes de combinación lineal distintos de cero para cuantificar un canal entre el dispositivo terminal y un dispositivo de red, donde la matriz tiene componentes espaciales y componentes de frecuencia; desplazar los componentes de frecuencia de la matriz de forma circular, de modo que un coeficiente objetivo del conjunto de
10 coeficientes de combinación lineal distintos de cero se ubique en un componente de frecuencia con un índice predeterminado de los componentes de frecuencia en una matriz desplazada; generar una primera indicación que indique el componente espacial asociado con el coeficiente objetivo en la matriz; y transmitir, al dispositivo de red, información de control de enlace ascendente que comprende la primera indicación.

15 **[0006]** En un segundo aspecto, se proporciona un método. El método comprende recibir, en un dispositivo de red y desde un dispositivo terminal, información de control de enlace ascendente que comprende una primera indicación, donde la primera indicación indica componentes espaciales asociados con un coeficiente objetivo en una matriz que comprende un conjunto de coeficientes de combinación lineal distintos de cero para cuantificar un canal entre el dispositivo terminal y el
20 dispositivo de red, donde la matriz tiene los componentes espaciales y los componentes de frecuencia; y determinar la información de estado del canal en base a la información de control del enlace ascendente.

[0007] En un tercer aspecto, se proporciona un dispositivo. El dispositivo comprende al menos un procesador; y al menos una memoria que incluye códigos de programa informático; la al menos una
25 memoria y los códigos de programa informático están configurados para, con el al menos un procesador, provocar que el dispositivo al menos determine, en un dispositivo terminal, una matriz que comprende un conjunto de coeficientes de combinación lineal distintos de cero para cuantificar un canal entre el dispositivo terminal y un dispositivo de red, donde la matriz tiene componentes espaciales y componentes de frecuencia; desplazar los componentes de frecuencia de la matriz de
30 forma circular, de modo que un coeficiente objetivo del conjunto de coeficientes de combinación lineal distintos de cero se ubique en un componente de frecuencia con un índice predeterminado de los componentes de frecuencia en una matriz desplazada; generar una primera indicación que indique el componente espacial asociado con el coeficiente objetivo en la matriz; y transmitir, al dispositivo de red, información de control de enlace ascendente que comprende la primera indicación.

35 **[0008]** En un cuarto aspecto, se proporciona un dispositivo. El dispositivo comprende al menos un procesador; y al menos una memoria que incluye códigos de programa informático; la al menos una

memoria y los códigos programa informático se configuran para, con el al menos un procesador, provocar que el dispositivo al menos reciba, en un dispositivo de red y desde un dispositivo terminal, información de control de enlace ascendente que comprende una primera indicación, donde la primera indicación indica componentes espaciales asociados con un coeficiente objetivo en una matriz que comprende un conjunto de coeficientes de combinación lineal distintos de cero para cuantificar un canal entre el dispositivo terminal y el dispositivo de red, donde la matriz tiene los componentes espaciales y los componentes de frecuencia; y determinar la información de estado del canal en base a la información de control de enlace ascendente.

[0009] En un quinto aspecto, se proporciona un aparato que comprende medios para determinar, en un dispositivo terminal, una matriz que comprende un conjunto de coeficientes de combinación lineal distintos de cero para cuantificar un canal entre el dispositivo terminal y un dispositivo de red, donde la matriz tiene componentes espaciales y componentes de frecuencia; medios para desplazar los componentes de frecuencia de la matriz de forma circular, de modo que un coeficiente objetivo del conjunto de coeficientes de combinación lineal distintos de cero se ubique en un componente de frecuencia con un índice predeterminado de los componentes de frecuencia en una matriz desplazada; medios para generar una primera indicación que indique el componente espacial asociado con el coeficiente objetivo en la matriz; y medios para transmitir, al dispositivo de red, información de control de enlace ascendente que comprende la primera indicación.

[0010] En un sexto aspecto, se proporciona un aparato que comprende medios para recibir, en un dispositivo de red y desde un dispositivo terminal, información de control de enlace ascendente que comprende una primera indicación, donde la primera indicación indica componentes espaciales asociados con un coeficiente objetivo en una matriz que comprende un conjunto de coeficientes de combinación lineal distintos de cero para cuantificar un canal entre el dispositivo terminal y el dispositivo de red, donde la matriz tiene los componentes espaciales y los componentes de frecuencia; y medios para determinar la información de estado del canal en base a la información de control del enlace ascendente.

[0011] En un séptimo aspecto, se proporciona un medio legible por computadora que tiene un programa informático almacenado en este que, cuando se ejecuta por al menos un procesador de un dispositivo, hace que el dispositivo lleve a cabo el método según el primer aspecto.

[0012] En un octavo aspecto, se proporciona un medio legible por computadora que tiene un programa informático almacenado en este que, cuando es ejecutado por al menos un procesador de un dispositivo, hace que el dispositivo lleve a cabo el método según el segundo aspecto.

[0013] Debe entenderse que la sección de compendio no pretende identificar características clave o esenciales de las modalidades de la presente descripción, ni se pretende que se utilice para limitar el alcance de la presente descripción. Otras características de la presente descripción serán fácilmente comprensibles a través de la siguiente descripción.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

[0014] A continuación, se describirán ejemplos de modalidades con referencia a las figuras adjuntas, donde:

5 [0015] La Figura 1 muestra un ejemplo de red de comunicación en el que las modalidades de ejemplo de la presente descripción se pueden implementar;

[0016] La Figura 2 muestra un diagrama esquemático que ilustra un proceso de diseño de UCI según modalidades de ejemplo de la presente descripción;

10 [0017] Las Figuras 3A y 3B muestran diagramas de una matriz de ejemplo y el mapa de bits correspondiente según algunas modalidades de ejemplo de la presente descripción;

[0018] Las Figuras 4A y 4B muestran diagramas de una matriz de ejemplo y el mapa de bits correspondiente después de la operación de desplazamiento según algunas modalidades de ejemplo de la presente descripción;

15 [0019] La Figura 5 muestra un diagrama de flujo de un método de ejemplo 500 de diseño de UCI según algunas modalidades de ejemplo de la presente descripción;

[0020] La Figura 6 muestra un diagrama de flujo de un método de ejemplo 600 según algunas modalidades de la presente descripción;

[0021] La Figura 7 es un diagrama de bloques simplificado de un dispositivo que es adecuado para implementar modalidades de ejemplo de la presente descripción; y

20 [0022] La Figura 8 ilustra un diagrama de bloques de un medio legible por computadora de ejemplo de acuerdo con algunas modalidades de la presente descripción.

[0023] En todos los dibujos, los mismos números de referencia o similares representan el mismo elemento o un elemento similar.

25 DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0024] Ahora, principios de la presente descripción se describirán con referencia a algunas modalidades de ejemplo. Debe entenderse que estas modalidades se describen solo con el propósito de ilustrar y ayudar a los expertos en la técnica a comprender e implementar la presente descripción, sin sugerir ninguna limitación en cuanto al alcance de la descripción. La descripción descrita en el
30 presente documento se puede implementar de varias formas distintas a las descritas a continuación.

[0025] En la siguiente descripción y reivindicaciones, salvo que se indique lo contrario, todos los términos técnicos y científicos que se utilizan en la presente tienen el mismo significado comúnmente entendido por un experto en la técnica a la que pertenece la presente descripción.

35 [0026] Como se usa la presente, el término "red de comunicación" se refiere a una red que sigue cualquier estándar o protocolo de comunicación adecuado, como la evolución a largo plazo (LTE, por sus siglas en inglés), LTE-Advanced (LTE-A) y NR 5G, y emplea cualquier tecnología de

comunicación adecuada, que incluye, por ejemplo, múltiples entradas múltiples salidas (MIMO, por sus siglas en inglés), OFDM, multiplexación por división de tiempo (TDM, por sus siglas en inglés), multiplexación por división de frecuencia (FDM, por sus siglas en inglés), multiplexación por división de código (CDM, por sus siglas en inglés), Bluetooth, ZigBee, comunicación de tipo de máquina (MTC, por sus siglas en inglés), tecnologías uRLLC, mMTC y eMBB. A los efectos del análisis, en algunas modalidades, la red LTE, la red LTE-A, la red NR 5G o cualquier combinación de estas se toma como ejemplo de la red de comunicación.

[0027] Como se usa en la presente, el término "dispositivo de red" se refiere a cualquier dispositivo adecuado en un lado de la red de una red de comunicación. El dispositivo de red puede incluir cualquier dispositivo adecuado en una red de acceso de la red de comunicación, por ejemplo, que incluye una estación base (BS, por sus siglas en inglés), un relé, un punto de acceso (AP, por sus siglas en inglés), un nodo B (Nodo B o NB), un Nodo B evolucionado (eNodeB o eNB), un Nodo B 5g o de próxima generación (gNB), un módulo de radio remoto (RRU, por sus siglas en inglés), un cabezal de radio (RH), un cabezal de radio remoto (RRH, por sus siglas en inglés), un nodo de baja potencia como un femto, un pico y similares. A los efectos del análisis, en algunas modalidades de ejemplo, el gNB se toma como un ejemplo del dispositivo de red.

[0028] El dispositivo de red también puede incluir cualquier dispositivo adecuado en una red central, por ejemplo, que incluya equipos de radio de radio multiestándar (MSR, por sus siglas en inglés) como BS de MSR, controladores de red como controladores de red de radio (RNC, por sus siglas en inglés) o controladores de estación base (BSC, por sus siglas en inglés), entidades de coordinación multicelda/multidifusión (MCE, por sus siglas en inglés), centros de conmutación móvil (MSC, por sus siglas en inglés) y MME, nodos de operación y gestión (O&M), nodos de sistema de apoyo a operaciones (OSS, por sus siglas en inglés), nodos de red de autoorganización (SON, por sus siglas en inglés), nodos de posicionamiento, como centros de posición móviles de servicio mejorado (E-SMLC, por sus siglas en inglés) y/o terminales de datos móviles (MDT, por sus siglas en inglés).

[0029] Como se usa en la presente, el término "dispositivo terminal" se refiere a un dispositivo capaz, configurado, dispuesto y/u operable para comunicaciones con un dispositivo de red o un dispositivo terminal adicional en una red de comunicación. Las comunicaciones pueden implicar la transmisión y/o recepción de señales inalámbricas utilizando señales electromagnéticas, ondas de radio, señales infrarrojas y/u otros tipos de señales adecuadas para transmitir información por aire. En algunas modalidades de ejemplo, el dispositivo terminal puede configurarse para transmitir y/o recibir información sin interacción humana directa. Por ejemplo, el dispositivo terminal puede transmitir información al dispositivo de red en horarios predeterminados, cuando se activa por un evento interno o externo, o en respuesta a solicitudes del lado de la red.

[0030] Los ejemplos del dispositivo terminal incluyen, entre otros, equipos de usuario (UE) como teléfonos inteligentes, tabletas con capacidad inalámbrica, equipos integrados en computadoras

portátiles (LEE, por sus siglas en inglés), equipos montados en computadoras portátiles (LME, por sus siglas en inglés) y/o equipos inalámbricos de los clientes en el sitio (CPE, por sus siglas en inglés). Para el propósito del análisis, a continuación, se describirán algunas modalidades con referencia a los UE como ejemplos de los dispositivos terminales, y los términos "dispositivo terminal" y "equipo de usuario" (UE, por sus siglas en inglés) pueden usarse indistintamente en el contexto de la presente descripción.

[0031] Como se usa en la presente, el término "servidor de ubicación" puede referirse a una función de servicio que proporciona el posicionamiento del UE objetivo a un cliente de ubicación. El servidor de ubicación puede comunicarse con el UE objetivo para obtener el reporte de medición de posicionamiento del UE objetivo a través de una señalización de capa alta. El servidor de ubicación también puede comunicarse con el dispositivo de red para obtener información asociada con el posicionamiento del UE objetivo. El servidor de ubicación puede ser un componente independiente del dispositivo de red. Como opción, el servidor de ubicación puede ser cualquier módulo de función o entidad de función insertado en el dispositivo de red.

[0032] En correspondencia con el término "servidor de ubicación", el término "cliente de ubicación", como se usa en la presente, puede referirse a una aplicación o entidad que solicita la ubicación del UE objetivo. El cliente de ubicación puede transmitir una solicitud de ubicación al servicio de ubicación y recibe el posicionamiento del UE objetivo desde el servidor de ubicación. Además, el cliente de ubicación puede considerarse como el propio UE objetivo.

[0033] Como se usa en la presente, el término "celda" se refiere a un área cubierta por señales de radio transmitidas por un dispositivo de red. El dispositivo de terminal dentro de la celda puede obtener servicio del dispositivo de red y acceder a la red de comunicación a través del dispositivo de red.

[0034] Como se usa en la presente, el término "conjunto de circuitos" puede referirse a uno o más de los siguientes:

(a) implementaciones de circuito solo de hardware (como implementaciones en conjunto de circuitos solo analógico y/o digital y

(b) combinaciones de circuitos de hardware y software, tales como (según corresponda): (i) una combinación del circuito o los circuitos de hardware analógico y/o digital con software/firmware y (ii) cualquier parte del procesador o los procesadores de hardware con software (incluido el procesador o los procesadores de señal digital), software y memoria o memorias que trabajan juntos para provocar que un aparato, como un teléfono móvil o un servidor, realice varias funciones) y

(c) procesador o procesadores y/o circuito o circuitos de hardware, como un microprocesador o microprocesadores o una parte de un microprocesador o microprocesadores, que requieren software (por ejemplo, firmware) para su funcionamiento, pero el software puede no estar presente cuando no es necesario para la operación.

[0035] Esta definición de circuito se aplica a todos los usos de este término en esta solicitud, incluyendo cualquier reivindicación. Como ejemplo adicional, como se usa en esta solicitud, el término circuito también cubre una implementación de meramente un circuito o procesador de hardware (o múltiples procesadores) o parte de un circuito o procesador de hardware y su (o su) software y/o firmware acompañante. El término conjunto de circuitos también abarca, por ejemplo y si corresponde al elemento de la reivindicación particular, un circuito integrado de banda base o un circuito integrado de procesador para un dispositivo móvil, o un circuito integrado similar en un servidor, un dispositivo de red de celular, u otro dispositivo de red o informático.

[0036] Como se usa en la presente, las formas singulares "un", "una" y "la/el" están destinadas a incluir también las formas plurales, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. El término "incluye" y sus variantes deben leerse como términos abiertos que significan "incluye, pero no se limita a". El término "basado en" debe leerse como "basado al menos en parte en". El término "una modalidad" debe leerse como "al menos una modalidad". El término "otra modalidad" debe leerse como "al menos otra modalidad". Otras definiciones, explícitas e implícitas, pueden incluirse a continuación.

[0037] Como se describió anteriormente, el indicador de matriz de precodificación (PMI) está representado por una matriz para cada capa reportada, cada una de las cuales contiene tantos vectores de columna como número de subbandas. Las operaciones de compresión SD y FD se aplican a estas matrices PMI en sus filas y columnas, respectivamente. Como resultado, el PMI de una capa se comprime en tres partes componentes: un conjunto de base ortogonal de vectores DFT para compresión SD, un conjunto de base ortogonal de vectores DFT para compresión FD y un conjunto de coeficientes de combinación lineal (LC, por sus siglas en inglés) de valor complejo. Por tanto, ambas operaciones de compresión son proyecciones lineales sobre dos bases ortogonales. Cuando se reportan las dos bases ortogonales indicando un subconjunto de un libro de códigos basado en DFT, los coeficientes LC se cuantifican en amplitud y fase utilizando cuantificadores escalares. Debido a que solo un subconjunto de coeficientes LC distintos de cero puede reportarse por capa para reducir la sobrecarga, es necesario reportar tanto la ubicación de los coeficientes distintos de cero reportados como sus valores complejos. Se utiliza un mapa de bits por capa para reportar estas ubicaciones.

[0038] Cada vector PMI puede reportarse al BTS en función de un factor de escala complejo (amplitud y fase) porque este factor no afecta el diseño del precodificador. Esta propiedad se utiliza, por ejemplo, para aplicar cambios de fase apropiados a las columnas de la matriz PMI antes de la compresión FD para optimizar la operación de compresión. Esta propiedad también permite aplicar una escala común a todos los coeficientes de LC antes de la cuantificación, de modo que tengan un límite superior en amplitud en 1 y el intervalo de cuantificación para amplitud se convierta en [0,1].

[0039] Esta escala común de coeficientes LC se aplica independientemente a los coeficientes de

cada capa y consiste en la amplitud y fase del coeficiente “más fuerte”, es *decir*, el coeficiente con la magnitud más grande, para esa capa. Dado que el coeficiente más fuerte después de la normalización puede ser igual a 1, no es necesario reportar ni la amplitud ni la fase para el coeficiente más fuerte. En cambio, su ubicación en el mapa de bits se indica mediante un indicador de coeficiente más fuerte (SCI, por sus siglas en inglés).

[0040] Un aspecto importante de la señalización de información de estado del canal (CSI) para múltiples usuarios, múltiples entradas, múltiples salidas (MU-MIMO) es la disposición de los componentes del PMI comprimido en el mensaje de información de control de enlace ascendente (UCI). De manera convencional, este mensaje puede organizarse en dos partes, a saber, “UCI parte 1” y “UCI parte 2”. La “UCI parte 1” puede comprender la información CQI y los parámetros necesarios para determinar el tamaño de la carga útil de la “UCI parte 2”. La “UCI parte 1” transmitida en el canal físico de control de enlace ascendente (PUCCH) puede tener una carga útil muy corta y de tamaño fijo y puede codificarse con un código de corrección de errores en sentido directo muy fuerte para garantizar una decodificación sin errores. La “parte 2 de UCI” puede comprender la mayor parte del PMI comprimido y transmitirse en el canal compartido de enlace ascendente físico (PUSCH, por sus siglas en inglés), por lo que tiene la misma protección contra errores que los datos.

[0041] La información en la “UCI parte 1” que se utiliza para determinar el tamaño de la carga útil de la “UCI parte 2” puede organizarse de dos maneras, a saber (1) el número de coeficientes LC distintos de cero por cada capa (el número de capas igual al rango máximo informado) y (2) el número total de coeficientes LC distintos de cero para todas las capas reportadas y el indicador RI. Ambas formas permiten determinar el rango reportado y, por lo tanto, el número de mapas de bits en la “UCI parte 2”. El número de coeficientes cuantificados también se reporta en la “UCI parte 2”, a partir de la cual se puede determinar el tamaño de la carga útil.

[0042] Hay que tener en cuenta que algunos parámetros necesarios para determinar el tamaño de la “UCI parte 2” y para la decodificación PMI correcta no se reportan en la “UCI parte 1” porque están configurados por la red. Estos son los parámetros que controlan la sobrecarga máxima para los informes CSI, es *decir*, el tamaño de las bases SD y FD y el número máximo de coeficientes distintos de cero.

[0043] La forma (2), como se mencionó anteriormente, es preferible, porque la sobrecarga para indicar el número de coeficientes LC distintos de cero en la “UCI parte 1” puede reducirse significativamente. Sin embargo, la forma (2) tiene el inconveniente de hacer más ineficaz la señalización de la SCI. De hecho, hay una SCI para cada capa reportada en la parte 2, porque la normalización de los coeficientes LC se realiza de forma independiente por capa. A menos que se introduzca una restricción en el número de coeficientes distintos de cero por capa, el SCI debe contener $\lceil \log_2 N_{NZ} \rceil$ (distinto de cero, por sus siglas en inglés) bits, con N_{NZ} el número total de coeficientes distintos de cero.

[0044] La introducción de tal restricción tampoco es deseable porque el UE debería seleccionar los coeficientes de LC que se reportarán para optimizar la compresión conjuntamente a través de las capas reportadas para un determinado presupuesto máximo de coeficientes. Agregar restricciones innecesarias a esta optimización, por ejemplo, al limitar el número de coeficientes que se permite reportar por capa, puede tener un impacto negativo en el rendimiento.

[0045] Por lo tanto, la presente descripción propone un mecanismo de señalización para las SCI y las bases FD que reduce la sobrecarga del mensaje UCI explotando una propiedad de la compresión de frecuencia basada en DFT, a saber, que cualquier rampa de fase aplicada a través de las columnas de la matriz de coeficientes LC antes la compresión FD es transparente para el BTS y no requiere señalización.

[0046] Las modalidades de la presente descripción proporcionan una solución para el diseño de UCI con el fin de resolver al menos parcialmente los problemas anteriores y otros problemas potenciales. Algunas modalidades de ejemplo de la presente descripción se describen a continuación con referencia a las figuras. Sin embargo, los expertos en la técnica apreciarían fácilmente que la descripción detallada dada aquí con respecto a estas figuras tiene fines explicativos ya que la presente descripción se extiende más allá de estas modalidades limitadas.

[0047] La Figura 1 muestra un ejemplo de red de comunicación 100 en la que se pueden poner en práctica implementaciones de la presente descripción. La red de comunicación 100 incluye un dispositivo de red 110 y dispositivos terminales 120-1, 120-2. . . y 120-N, que pueden denominarse colectiva o individualmente "dispositivo(s) terminal(es)" 120. La red 100 puede proporcionar una o más celdas 102 para dar servicio al dispositivo terminal 120. Debe entenderse que el número de dispositivos de red, dispositivos terminales y/o celdas se proporciona con fines ilustrativos sin sugerir ninguna limitación a la presente descripción. La red 100 puede incluir cualquier número adecuado de dispositivos de red, dispositivos terminales y celdas adaptados para poner en práctica implementaciones de la presente descripción.

[0048] En la red de comunicación 100, el dispositivo de red 110 puede comunicar datos e información de control al dispositivo terminal 120 y el dispositivo terminal 120 también puede comunicar datos e información de control al dispositivo de red 110. Un enlace desde el dispositivo de red 110 al dispositivo terminal 120 se denomina enlace descendente (DL, por sus siglas en inglés), mientras que un enlace desde el dispositivo terminal 120 al dispositivo de red 110 se denomina enlace ascendente (UL, por sus siglas en inglés).

[0049] Las comunicaciones en la red 100 pueden cumplir con cualquier estándar adecuado, incluidos, entre otros, Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM), Evolución a Largo Plazo (LTE), LTE-Evolución, LTE-Avanzada (LTE-A), Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha (WCDMA), Acceso Múltiple por División de Código (CDMA), Red de Radio Acceso GSM EDGE (GERAN) y similares. Además, las comunicaciones se pueden realizar de acuerdo con

cualquier generación de protocolos de comunicación conocidos actualmente o que se desarrollen en el futuro. Ejemplos de protocolos de comunicación incluyen, entre otros, la primera generación (1G), la segunda generación (2G), 2.5G, 2.75G, la tercera generación (3G), la cuarta generación (4G), 4.5G, los protocolos de comunicación de quinta generación (5G).

5 **[0050]** Para obtener la CSI de un canal de comunicación entre el dispositivo 110 de red y el dispositivo terminal 120, el dispositivo de red 110 puede transmitir una señal de referencia de información de estado del canal (CSI-RS, por sus siglas en inglés) al dispositivo terminal 120. El dispositivo terminal 120 puede recibir la CSI-RS del dispositivo de red 110 y obtener información del canal midiendo la CSI-RS. El dispositivo terminal 120 puede entonces determinar la CSI del canal de comunicación basándose en la información del canal obtenida y un libro de códigos correspondiente. Por ejemplo, la información de canal obtenida se puede cuantificar en la CSI basándose en el libro de códigos correspondiente. El dispositivo terminal 120 puede reportar la CSI al dispositivo de red 110. El proceso para reportar la CSI también se denomina "retroalimentación de la CSI". La CSI puede garantizar la fiabilidad de la comunicación inalámbrica entre el dispositivo de red 110 y el dispositivo terminal 120. Como se mencionó anteriormente, un aspecto importante de la señalización CSI es la disposición de los componentes del PMI comprimido en el mensaje de información de control de enlace ascendente (UCI).

[0051] La FIG. 2 muestra un diagrama esquemático de un proceso 200 para el diseño de UCI según las modalidades de ejemplo de la presente descripción. Para fines de discusión, el proceso 200 se describirá con referencia a la Figura 1. El proceso 200 puede involucrar el dispositivo terminal 120 y el dispositivo de red 110 como se ilustra en la Figura 1.

[0052] Como se muestra en la Figura 2, el dispositivo terminal 120 determina 210 una matriz que caracteriza un canal entre el dispositivo terminal 120 y un dispositivo de red 110. La matriz puede tener componentes espaciales y componentes de frecuencia y que se corresponden a un mapa de bits que indica un conjunto de coeficientes de combinación lineal distintos de cero para cuantificar el canal.

[0053] En algunas modalidades de ejemplo, el dispositivo terminal 120 puede recibir la información de control de enlace descendente recibida desde el dispositivo de red 110 y obtener una indicación de recursos asociada con los componentes espaciales y los componentes de frecuencia, que es conocida tanto para el dispositivo terminal como para el dispositivo de red. El dispositivo terminal 120 puede determinar la matriz basándose en la información de control del enlace descendente y la indicación de recursos.

[0054] Dicha matriz y el mapa de bits correspondiente se pueden mostrar en la Figura 3A y la Figura 3B, respectivamente. Como se muestra en la Figura 3A, la matriz tiene componentes espaciales en el dominio espacial 310 y componentes de frecuencia en el dominio de frecuencia 320. Dicha matriz mostrada en la Figura 3A puede denominarse matriz de coeficiente LC.

[0055] Como se mencionó anteriormente, la matriz se puede obtener aplicando la compresión a una matriz PMI que representa el grupo de vectores de precodificación para una capa espacial dada para todas las subbandas configuradas, que se pueden indicar en la información de control de enlace descendente recibida desde el dispositivo de red 110. Dada la matriz PMI $\mathbf{W}$ de tamaño $2N_1N_2 \times N_3$, donde $N_1 \times N_2$ es el número de puertos de antena para cada polarización en el conjunto de antenas transpolares bidimensionales con polarización cruzada y N_3 es el número de subbandas PMI configuradas. Para los indicadores de rango (RI) mayores que uno, existe una matriz de PMI para cada una de las capas espaciales de RI. Las operaciones de compresión en la matriz PMI $\mathbf{W}$ son lineales y se pueden representar mediante la siguiente ecuación:

$$\mathbf{W} = \mathbf{W}_1 \tilde{\mathbf{W}}_2 \mathbf{W}_f^H \quad (1)$$

donde los vectores de columna de la matriz $\mathbf{W}_1$ son los componentes de la base ortogonal SD de tamaño $2L$, las columnas de $\mathbf{W}_f$ forman la base ortogonal FD de tamaño M y $\tilde{\mathbf{W}}_2$ es una $2L \times M$ matriz de coeficientes LC de valores complejos. La matriz $\tilde{\mathbf{W}}_2$ puede referirse a la matriz mostrada en la Figura 3A. Para reducir aún más la sobrecarga de señalización, solo $2LM$ se reporta un subconjunto de los coeficientes LC y los restantes se establecen en cero. Este grupo de coeficientes LC reportados se denominan coeficientes distintos de cero (NZ). El coeficiente NZ puede referirse a las celdas de la Figura 3A que no son iguales a cero, por ejemplo, la celda 331.

[0056] Por tanto, el reporte PMI para una capa puede constar de dos indicadores para la selección del subconjunto de base SD y FD, respectivamente, y un $2L \times M$ mapa de bits que indica la ubicación de los K_{NZ} coeficientes distintos de cero en la $\tilde{\mathbf{W}}_2$ matriz. El mapa de bits correspondiente a la $\tilde{\mathbf{W}}_2$ matriz se puede mostrar en la Figura 3B. Como se muestra en las Figuras 3A y 3B, la fila y columna del mapa de bits pueden corresponderse con los componentes espaciales y los componentes de frecuencia, por ejemplo, el componente de frecuencia 0° en el dominio de frecuencia 320 corresponde a la columna 0° del mapa de bits.

[0057] Existe el coeficiente objetivo en los coeficientes K_{NZ} distintos de cero en la $\tilde{\mathbf{W}}_2$ matriz. El coeficiente objetivo puede denominarse como el coeficiente máximo de los coeficientes distintos de cero, es decir, el coeficiente más fuerte. Con el fin de reducir la sobrecarga para reportar la indicación del coeficiente más fuerte, el dispositivo terminal 120 determina la operación de desplazamiento para los componentes de frecuencia de la matriz, de manera que el coeficiente más fuerte se ubica en un componente de frecuencia con un índice predeterminado.

[0058] En algunas modalidades de ejemplo, el dispositivo terminal 120 puede determinar índices de los componentes de frecuencia y realizar una operación de módulo para los componentes de frecuencia en la matriz en base a los índices de los componentes de frecuencia, el número de componentes de frecuencia en un conjunto predefinido de componentes de frecuencia, el índice predeterminado y un índice de referencia del componente de frecuencia. El índice de referencia

puede indicar el componente de frecuencia asociado con el coeficiente objetivo antes de desplazarse. El dispositivo terminal 120 puede realizar la operación de desplazamiento basándose en el resultado de la operación de módulo.

[0059] Por ejemplo, sea N_3 el número de componentes de frecuencia, $M < N_3$ el tamaño de la base del dominio de frecuencia formado por componentes de frecuencia con índices $m_0, m_1, \dots, m_{M-1}$, y $m_{I_{\text{máx}}}$ es el índice del componente de frecuencia con el coeficiente más fuerte. Por ejemplo, asumiendo que el valor de índice predefinido para el componente $m_{I_{\text{máx}}}$ es 0. El dispositivo terminal 120 puede realizar la operación de desplazamiento basándose en la siguiente ecuación:

$$\{m_i\} \rightarrow \{(m_i - m_{I_{\text{máx}}}) \bmod N_3\} \quad (2)$$

[0060] Entonces, el dispositivo terminal 120 determina una indicación para el coeficiente más fuerte, es decir, la SCI, basado en los componentes espaciales donde se encuentra el coeficiente más fuerte. La SCI puede indicar el componente espacial asociado con el coeficiente objetivo en la matriz.

[0061] El dispositivo terminal 120 genera además otra indicación para indicar un rango de frecuencia asociado con un subconjunto de los componentes de frecuencia basándose en el índice predeterminado y los componentes de frecuencia. Es decir, el subconjunto de componentes de frecuencia excluye el componente de frecuencia con el índice predeterminado.

[0062] En algunas modalidades de ejemplo, el dispositivo terminal 120 puede determinar, a partir de los componentes de frecuencia, un componente de frecuencia objetivo asociado con el índice predeterminado y seleccionar entre los componentes de frecuencia, el subconjunto de componentes de frecuencia excluyendo el componente de frecuencia objetivo. El dispositivo terminal 120 puede determinar los índices del subconjunto de los componentes de frecuencia y generar la indicación para indicar el rango de frecuencia basándose en los índices del subconjunto del componente de frecuencia.

[0063] Haciendo referencia nuevamente a la suposición relacionada con la ecuación (2), el dispositivo terminal 120 puede reportar el subconjunto de los componentes de frecuencia de tamaño $M - 1$, sin el componente de frecuencia "0" como se muestra a continuación:

$$(m_{i_{\text{máx}}} + 1 - m_{i_{\text{máx}}}) \bmod N_3, (m_{i_{\text{máx}}} + 2 - m_{i_{\text{máx}}}) \bmod N_3, \dots, (m_{i_{\text{máx}}} - 1 - m_{i_{\text{máx}}}) \bmod N_3 \quad (3)$$

[0064] Después de determinar la SCI y la indicación asociada con el rango de frecuencia, el dispositivo terminal 120 puede transmitir 220 la información de control de enlace ascendente que comprende ambas indicaciones al dispositivo de red 110.

[0065] Debe entenderse que la UCI puede comprender otro mensaje necesario para reportar los parámetros relacionados para estimar el estado del canal.

[0066] En algunas modalidades de ejemplo, la UCI también puede comprender un mapa de bits correspondiente a la matriz del coeficiente LC. Se puede determinar un mapa de bits basándose en la matriz antes de la operación de desplazamiento. Como se mencionó anteriormente, dicho mapa

de bits puede indicar las ubicaciones del coeficiente NZ en la matriz. Después de la operación de desplazamiento de la matriz, el mapa de bits también puede actualizarse basándose en el índice predeterminado.

[0067] En algunas modalidades de ejemplo, el dispositivo terminal 120 puede determinar una relación correspondiente entre el índice predeterminado y cada índice de los índices de los componentes de frecuencia basándose en los índices de los componentes de frecuencia y el índice predeterminado y actualizar el mapa de bits basándose en la relación correspondiente.

[0068] En algunas modalidades de ejemplo, el dispositivo terminal 120 transmite la información de control de enlace ascendente que también comprende el mapa de bits actualizado.

[0069] Con referencia a las Figuras 3A-3B y las Figuras 4A-4B, la operación de desplazamiento puede mostrarse claramente. Como se mencionó anteriormente, la matriz de la Figura 3A puede tener un tamaño de $2L \times M$, hay un conjunto de coeficientes NZ en la matriz y la Figura 3B muestra un mapa de bits correspondiente a la matriz de la Figura 3A. Como se muestra en la Figura 3A, suponiendo que el coeficiente más fuerte 330 se encuentra en el componente de frecuencia 1° 341. Por ejemplo, el dispositivo terminal 120 puede desplazar la matriz de modo que el coeficiente más fuerte se encuentre en el componente de frecuencia 0° . La matriz desplazada se puede mostrar en la Figura 4A. El coeficiente más fuerte 330 se encuentra en el componente de frecuencia 0° 340. En consecuencia, el mapa de bits mostrado en la Figura 3B puede actualizarse para que sea el mapa de bits mostrado en la Figura 4B.

[0070] Si asumimos, sin pérdida de generalidad, un orden de lectura por filas del mapa de bits en la Figura 4A, el coeficiente más fuerte es el tercer coeficiente NZ, por lo que, sin la propuesta de la presente descripción, se indicaría con $\lceil \log_2 K_{NZ} \rceil = 4$ bits: SCI = 2 o 0010 (representación binaria de 4 bits de 2). El valor $K_{NZ} = 10$ para esta capa también se debe reportar en "UCI parte 1".

[0071] Según la solución de la presente descripción, si el índice predeterminado es "0", el dispositivo terminal 120 puede aplicar la operación de desplazamiento a los componentes de frecuencia de una posición a la izquierda, en el ejemplo de la Figura 3A. Por ejemplo, supongamos que los componentes de frecuencia son $\{m_0, m_1, \dots, m_{M-1}\} = \{0, 1, 3, 5, 10, 11, 12\}$ con el índice del componente FD con el coeficiente más fuerte dado por $m_{i_{\max}} = 1$. Después del desplazamiento circular y el reordenamiento, el subconjunto de base FD viene dado por $\{0, 2, 4, 9, 10, 11, 12\}$. Por otro lado, la SCI se indica con $\lceil \log_2 2L \rceil = 3$ bits que reportan el índice del componente SD, que en el ejemplo es: SCI = 1 o 001 (representación binaria de 3 bits de 1).

[0072] Con referencia nuevamente a la Figura 2, el dispositivo de red 110 recibe la información de control del enlace ascendente desde el dispositivo terminal 120 y determina la información de estado del canal en base a la información de control del enlace ascendente.

[0073] En algunas modalidades de ejemplo, el dispositivo de red 110 puede determinar la matriz

en base a la información de control de enlace ascendente y determinar la información de estado en base a la matriz. Como se mencionó anteriormente, la matriz puede obtenerse aplicando la compresión de la matriz PMI. El dispositivo de red 110 necesita reconstruir la matriz PMI basándose en la matriz. Según la UCI, el dispositivo de red 110 puede determinar el subconjunto de componentes de frecuencia excluyendo el componente de frecuencia objetivo y el dispositivo de red 110 puede reconstruir el PMI añadiendo el componente de frecuencia objetivo al subconjunto de componentes de frecuencia.

[0074] De esta manera, una nueva solución para el diseño de la UCI puede reducir los gastos generales para reportar los parámetros en la “UCI parte 1” y la “UCI parte 2”.

[0075] A continuación, se explicará el principio del desplazamiento circular. Como se mencionó anteriormente, cualquier desplazamiento circular aplicado a los componentes de frecuencia es equivalente a una multiplicación de las columnas del PMI por una rampa de fase antes de aplicar la compresión de frecuencia. Tal operación de rampa de fase realizada en el dispositivo terminal 120 no necesita ser reportada al dispositivo de red 110 porque es transparente para el diseño del precodificador.

[0076] Es bien sabido que una rotación de fase a través de las columnas de una matriz de precodificación $\mathbf{W}$ no afecta el rendimiento del precodificador, por lo que el dispositivo de red 110 puede reconstruir $\mathbf{W}$ hasta un ajuste de fase por columna sin afectar el rendimiento. Esto es cierto para cualquier tipo de diseño de precodificador. Se mostrará que los ajustes de fase aplicados a las columnas de la matriz $\mathbf{W}_2$ antes de la compresión del dominio de frecuencia no necesitan reportarse al dispositivo de red 110. También se señalará que la elección de estas fases es un grado importante de libertad que un dispositivo terminal 120 puede aprovechar para mejorar la compresión de frecuencia, es *decir*, reducir el error de reconstrucción en el dispositivo de red 110.

[0077] Al principio, considerando un caso ideal para la compresión de frecuencia, sin selección de subconjunto de base, es *decir*, asumiendo que $M = N_3$, y con reportes de todos los $2LN_3$ coeficientes de dominio de frecuencia no cuantificados. Nótese que este es solo un caso hipotético, ya que no hay una ganancia de compresión real en el dominio de la frecuencia. Suponiendo que un dispositivo terminal 120 aplica ajustes de fase en las columnas de $\mathbf{W}_2$ antes del procesamiento DFT a través de las subbandas e indicamos con $\mathbf{R}$ una matriz diagonal de rotaciones de fase arbitrarias:

$$\tilde{\mathbf{W}}_2 = \mathbf{W}_2 \mathbf{R} \mathbf{W}_f \quad (4)$$

[0078] Si el dispositivo de red 110 conoce $\mathbf{R}$, el precodificador $\mathbf{W}$ se reconstruye como:

$$\mathbf{W}(\mathbf{R}) = \mathbf{W}_1 \tilde{\mathbf{W}}_2 (\mathbf{R} \mathbf{W}_f)^H = \mathbf{W}_1 \mathbf{W}_2 \quad (5)$$

[0079] mientras que, si el dispositivo de red 110 desconoce $\mathbf{R}$, la reconstrucción produce:

$$\mathbf{W} = \mathbf{W}_1 \tilde{\mathbf{W}}_2 \mathbf{W}_f^H = \mathbf{W}_1 \mathbf{W}_2 \mathbf{R} \quad (6)$$

[0080] En este caso ideal, observamos que 1) la diferencia entre la reconstrucción (5) y (6) es solo

una rotación de fase de las columnas del precodificador, es *decir*

$$\mathbf{W} = \mathbf{W}(\mathbf{R})\mathbf{R} \quad (7)$$

[0081] y 2) suponiendo reportes perfectos de la $2L \times N_3$ matriz de combinación lineal $\mathbf{W}_2$, aplicar las rotaciones de fase en (4) es irrelevante.

5 [0082] Considerando el caso real de la selección del subconjunto de base con $M \leq N_3$ y la cuantificación de los coeficientes de combinación lineal y digamos que $\tilde{\mathbf{W}}'_2$ es la $2L \times N_3$ matriz de coeficientes FD conocidos en el dispositivo de red 110. Nótese que solo hasta los K_0 coeficientes de $\tilde{\mathbf{W}}'_2$ son distintos de cero. El error de cuantificación también afecta a los coeficientes distintos de cero. Introduciendo la matriz de error entre la matriz realista e ideal de coeficientes de combinación
10 lineal:

$$\mathbf{E} = \tilde{\mathbf{W}}'_2 - \tilde{\mathbf{W}}_2 \quad (8)$$

[0083] Tal que $\tilde{\mathbf{W}}'_2$ se puede expresar, en un caso muy general, como:

$$\tilde{\mathbf{W}}'_2 = \tilde{\mathbf{W}}_2 + \mathbf{E} = \mathbf{W}_2 \mathbf{R} \mathbf{W}_f + \mathbf{E} \quad (9)$$

[0084] Si el dispositivo de red 110 conoce los desplazamientos de fase $\mathbf{R}$, el precodificador $\mathbf{W}'$ se
15 reconstruye, con error, como:

$$\mathbf{W}'(\mathbf{R}) = \mathbf{W}_1 \tilde{\mathbf{W}}'_2 (\mathbf{R} \mathbf{W}_f)^H = \mathbf{W}_1 (\mathbf{W}_2 \mathbf{R} \mathbf{W}_f + \mathbf{E}) \mathbf{W}_f^H \mathbf{R}^H = \mathbf{W}_1 \mathbf{W}_2 + \mathbf{W}_1 \mathbf{E} \mathbf{W}_f^H \mathbf{R}^H \quad (10)$$

[0085] Si el dispositivo de red 110 desconoce $\mathbf{R}$, la reconstrucción del precodificador produce:

$$\mathbf{W}' = \mathbf{W}_1 \tilde{\mathbf{W}}'_2 \mathbf{W}_f^H = \mathbf{W}_1 (\mathbf{W}_2 \mathbf{R} \mathbf{W}_f + \mathbf{E}) \mathbf{W}_f^H = \mathbf{W}_1 \mathbf{W}_2 \mathbf{R} + \mathbf{W}_1 \mathbf{E} \mathbf{W}_f^H \quad (11)$$

[0086] Al comparar (10) y (11), tendrá:

$$20 \quad \mathbf{W}' = \mathbf{W}'(\mathbf{R})\mathbf{R} \quad (12)$$

es *decir*, la diferencia entre las dos reconstrucciones, con y sin informe de $\mathbf{R}$, es una rotación de fase aplicada a las columnas del precodificador, que no afecta el rendimiento del precodificador. Sin embargo, a diferencia del caso ideal, la aplicación de rotaciones de fase apropiadas en el dispositivo terminal marca una diferencia en términos de error de reconstrucción. De hecho, el dispositivo
25 terminal puede optimizar la selección de las rotaciones de fase $\mathbf{R}$ de modo que el error de reconstrucción $\mathbf{E}$ se minimice de acuerdo con alguna métrica, incluso si el dispositivo de red desconoce estos ajustes de fase.

[0087] Nótese que ambos resultados (7) y (12) son válidos cuando $\mathbf{W}_f$ es $2L \times M$, en lugar de $2L \times N_3$, pero las expresiones para $\mathbf{W}'$ y $\mathbf{W}'(\mathbf{R})$ son más complicadas porque $\mathbf{W}_f \mathbf{W}_f^H$ ya no es la
30 matriz de identidad.

[0088] En conclusión, cuando se aplica compresión en el dominio de frecuencia, $\mathbf{R}$ el dispositivo terminal puede utilizar la optimización de los ajustes de fase para mejorar la precisión del PMI. Sin embargo, estos ajustes no necesitan comunicarse al dispositivo de red para lograr esta ganancia.

[0089] Nótese que estas rotaciones de fase pueden expresar varias operaciones. Un libro de

códigos DFT sobremuestreado puede describirse como la unión de O_3 versiones desplazadas circularmente de un libro de códigos muestreado críticamente, donde el desplazamiento mínimo es fraccionario. En consecuencia, podemos expresar la selección de uno de los O_3 grupos ortogonales de tamaño N_3 usando la notación (3) con $\mathbf{R}$ dada por la rampa de fase:

$$\mathbf{R}_o = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & e^{j2\pi \frac{k}{O_3 N_3}} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & e^{j2\pi \frac{2k}{O_3 N_3}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & e^{j2\pi \frac{(N_3-1)k}{O_3 N_3}} \end{pmatrix} \quad (13)$$

$yk \in [0, \dots, O_3 - 1]$. De manera similar, se puede obtener un desplazamiento circular de los N_3 componentes candidatos del dominio de frecuencia aplicando una rampa de fase a las columnas de $\mathbf{W}_2$, en el dominio original, con un múltiplo de desplazamiento mínimo de O_3 . Por ejemplo, un desplazamiento circular que mueve el componente FD del índice n a la posición '0' se puede expresar mediante (4) con $\mathbf{R}$ dado por la rampa de fase:

$$\mathbf{R}_s = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & e^{j2\pi \frac{n}{N_3}} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & e^{j2\pi \frac{2n}{N_3}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & e^{j2\pi \frac{(N_3-1)n}{N_3}} \end{pmatrix} \quad (14)$$

$yn \in [0, \dots, N_3 - 1]$. Finalmente, el sobremuestreo y los desplazamientos circulares también se pueden combinar con ajustes de fase en las columnas de $\mathbf{W}_2$ para asegurar transiciones de fase fluidas a lo largo de sus filas antes de aplicar compresión en el dominio de frecuencia y evitar 'saltos de fase'.

Denotando la matriz diagonal de estos ajustes de fase como $\mathbf{R}_\phi$:

$$\mathbf{R}_\phi = \begin{pmatrix} e^{j\phi_0} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & e^{j\phi_1} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & e^{j\phi_2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & e^{j\phi_{N_3-1}} \end{pmatrix} \quad (15)$$

con $\phi_n \in [0, 2\pi)$. En general, un dispositivo terminal puede aplicar una combinación de estas tres operaciones (sobremuestreo, desplazamientos circulares, ajustes de fase) realizando un conjunto de rotaciones de fase en las columnas de $\mathbf{W}_2$, como se describe en (4), con una matriz de rotación dada por:

$$\mathbf{R} = \mathbf{R}_o \mathbf{R}_s \mathbf{R}_\phi = \begin{pmatrix} e^{j\phi_0} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & e^{j\left(2\pi \frac{O_3^n + k}{O_3 N_3} + \phi_1\right)} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & e^{j\left(2\pi \frac{2(O_3^n + k)}{O_3 N_3} + \phi_2\right)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & e^{j\left(2\pi \frac{(N_3 - 1)(O_3^n + k)}{O_3 N_3} + \phi_{N_3 - 1}\right)} \end{pmatrix} \quad (16)$$

[0090] Se describirán más detalles de las modalidades de ejemplo de acuerdo con la presente descripción con referencia a las Figuras 5-6.

[0091] La Figura 5 muestra un diagrama de flujo de un método de ejemplo 500 para diseño de UCI de acuerdo con algunas modalidades de ejemplo de la presente descripción. El método 500 se puede implementar en el dispositivo terminal 120 como se muestra en la Figura 1. A los efectos del análisis, el método 500 se describirá con referencia a la Figura 1.

[0092] En 510, el dispositivo terminal 110 determina una matriz que comprende un conjunto de coeficientes de combinación lineal distintos de cero para cuantificar un canal entre el dispositivo terminal y un dispositivo de red, donde la matriz tiene componentes espaciales y componentes de frecuencia.

[0093] En algunas modalidades de ejemplo, el dispositivo terminal 110 puede recibir información de control de enlace descendente recibida desde el dispositivo de red y obtener una indicación de recursos asociada con los componentes espaciales y los componentes de frecuencia. El dispositivo terminal 110 también puede determinar la matriz basándose en la información de control del enlace descendente y la indicación de recursos.

[0094] En 520, el dispositivo terminal 110 desplaza los componentes de frecuencia de la matriz circularmente, de modo que un coeficiente objetivo del conjunto de coeficientes de combinación lineal distintos de cero se ubica en un componente de frecuencia con un índice predeterminado de los componentes de frecuencia en una matriz desplazada.

[0095] En algunas modalidades de ejemplo, el dispositivo terminal 110 puede determinar índices de los componentes de frecuencia. El dispositivo terminal 110 también puede determinar un índice de referencia a partir de los índices de los componentes de frecuencia, donde el índice de referencia indica un componente de frecuencia asociado con el coeficiente objetivo en la matriz y desplazar los componentes de frecuencia basándose en los índices de los componentes de frecuencia, el índice predeterminado y el índice de referencia.

[0096] En 530, el dispositivo terminal 110 genera una primera indicación que indica el componente espacial asociado con el coeficiente objetivo en la matriz.

[0097] En algunas modalidades de ejemplo, el dispositivo terminal 110 puede determinar, como el coeficiente objetivo, un coeficiente máximo del conjunto de coeficientes de combinación lineal

distintos de cero y generar la primera indicación basada en el índice del componente espacial asociado con el coeficiente objetivo en la matriz.

[0098] En 540, el dispositivo terminal 110 transmite, al dispositivo de red 120, información de control de enlace ascendente que comprende la primera indicación.

- 5 **[0099]** En algunas modalidades de ejemplo, el dispositivo terminal 110 puede determinar, basándose en la matriz desplazada, un mapa de bits que indica ubicaciones de los coeficientes de combinación lineal distintos de cero en la matriz desplazada; y transmitir la información de control de enlace ascendente que comprende el mapa de bits.

- 10 **[00100]** En algunas modalidades de ejemplo, el dispositivo terminal 110 puede generar, basándose en el índice predeterminado y los componentes de frecuencia, una segunda indicación que indica un rango de frecuencia asociado con un subconjunto de los componentes de frecuencia y transmitir la información de control de enlace ascendente que comprende la segunda indicación.

- 15 **[00101]** En algunas modalidades de ejemplo, el dispositivo terminal 110 puede determinar, a partir de los componentes de frecuencia, un componente de frecuencia objetivo asociado con el índice predeterminado y seleccionar entre los componentes de frecuencia, el subconjunto de componentes de frecuencia excluyendo el componente de frecuencia objetivo. El dispositivo terminal 110 también puede determinar índices del subconjunto de los componentes de frecuencia después del desplazamiento y generar la segunda indicación en base a los índices del subconjunto del componente de frecuencia.

- 20 **[00102]** La Figura 6 muestra un diagrama de flujo de un método de ejemplo 600 de diseño de UCI de acuerdo con algunas modalidades de ejemplo de la presente descripción. El método 600 se puede implementar en el dispositivo de red 110 como se muestra en la Figura 1. A los efectos del análisis, el método 600 se describirá con referencia a la Figura 1.

- 25 **[00103]** En 610, el dispositivo de red 110 recibe en un dispositivo de red y desde un dispositivo terminal 120, información de control de enlace ascendente que comprende una primera indicación, donde la primera indicación indica componentes espaciales asociados con un coeficiente objetivo en una matriz que comprende un conjunto de coeficientes de combinación lineal distinta de cero para cuantificar un canal entre el dispositivo terminal y el dispositivo de red, donde la matriz tiene los componentes espaciales y los componentes de frecuencia.

- 30 **[00104]** En 620, el dispositivo de red 110 determina la información de estado del canal en base a la información de control del enlace ascendente.

[00105] En algunas modalidades de ejemplo, el dispositivo de red 110 puede determinar la matriz en base a la información de control de enlace ascendente y determinar la información de estado en base a la matriz.

- 35 **[00106]** En algunas modalidades de ejemplo, el dispositivo de red 110 puede recibir información de control de enlace ascendente que comprende la información de control de enlace ascendente que

comprende el mapa de bits que indica ubicaciones de los coeficientes de combinación lineal distintos de cero en una matriz desplazada obtenida desplazando los componentes de frecuencia de la matriz circularmente.

[00107] En algunas modalidades de ejemplo, el dispositivo de red 110 puede recibir información de control de enlace ascendente que comprende la segunda indicación que indica un rango de frecuencia asociado con un subconjunto de los componentes de frecuencia.

[00108] En algunas modalidades de ejemplo, un aparato capaz de realizar el método 500 (por ejemplo, implementado en el dispositivo terminal 110) puede comprender medios para realizar las etapas respectivas del método 500. Los medios pueden implementarse en cualquier forma adecuada.

Por ejemplo, los medios pueden implementarse en un circuito o módulo de software.

[00109] En algunas modalidades de ejemplo, el aparato que comprende medios para determinar, en un dispositivo terminal, una matriz que comprende un conjunto de coeficientes de combinación lineal distintos de cero para cuantificar un canal entre el dispositivo terminal y un dispositivo de red, donde la matriz tiene componentes espaciales y componentes de frecuencia; medios para desplazar los componentes de frecuencia de la matriz de forma circular, de modo que un coeficiente objetivo del conjunto de coeficientes de combinación lineal distintos de cero se ubique en un componente de frecuencia con un índice predeterminado de los componentes de frecuencia en una matriz desplazada; medios para generar una primera indicación que indique el componente espacial asociado con el coeficiente objetivo en la matriz; y medios para transmitir, al dispositivo de red, información de control de enlace ascendente que comprende la primera indicación.

[00110] En algunas modalidades de ejemplo, un aparato capaz de realizar el método 600 (por ejemplo, implementado en el dispositivo de red 120) puede comprender medios para realizar las etapas respectivas del método 600. Los medios pueden implementarse en cualquier forma adecuada. Por ejemplo, los medios pueden implementarse en un circuito o módulo de software.

[00111] En algunas modalidades de ejemplo, el aparato comprende medios para recibir, en un dispositivo de red y desde un dispositivo terminal, información de control de enlace ascendente que comprende una primera indicación, donde la primera indicación indica componentes espaciales asociados con un coeficiente objetivo en una matriz que comprende un conjunto de coeficientes de combinación lineal distintos de cero para cuantificar un canal entre el dispositivo terminal y el dispositivo de red, donde la matriz tiene los componentes espaciales y los componentes de frecuencia y medios para determinar la información de estado del canal en base a la información de control del enlace ascendente.

[00112] La Figura 7 es un diagrama de bloques simplificado de un dispositivo 700 que es adecuado para implementar modalidades de la presente descripción. El dispositivo 700 puede proporcionarse para implementar el dispositivo de comunicación, por ejemplo, el dispositivo terminal 120 y el dispositivo de red 110 como se muestra en la Fig. 1. Como se muestra, el dispositivo 700 incluye uno

o más procesadores 710, una o más memorias 740 acopladas al procesador 710, y uno o más transmisores y/o receptores (TX/RX) 740 acoplados al procesador 710.

[00113] El TX/RX 740 es para comunicaciones bidireccionales. El TX/RX 740 tiene al menos una antena para facilitar la comunicación. La interfaz de comunicación puede representar cualquier interfaz que sea necesaria para la comunicación con otros elementos de la red.

[00114] El procesador 710 puede ser de cualquier tipo adecuado para la red técnica local, y puede incluir una o más de las siguientes: computadoras de propósito general, computadoras de propósito especial, microprocesadores, procesadores de señal digital (DSP) y procesadores basados en arquitectura de procesador multinúcleo, como ejemplos no limitantes. El dispositivo 700 puede tener múltiples procesadores, tal como un chip de circuito integrado de aplicación específica que se subordina a tiempo a un reloj que sincroniza el procesador principal.

[00115] La memoria 720 puede incluir una o más memorias no volátiles y una o más memorias volátiles. Ejemplos de memorias no volátiles incluyen, entre otros, una memoria de solo lectura (ROM) 724, una memoria de solo lectura programable eléctricamente (EPROM), una memoria flash, un disco duro, un disco compacto (CD), un disco de video digital (DVD) y otro almacenamiento magnético y/o almacenamiento óptico. Los ejemplos de las memorias volátiles incluyen, entre otros, una memoria de acceso aleatorio (RAM) 722 y otras memorias volátiles que no durarán en la duración del apagado.

[00116] Un programa informático 730 incluye instrucciones ejecutables por computadora que se ejecutan por el procesador asociado 710. El programa 730 puede almacenarse en la ROM 1020. El procesador 710 puede realizar cualquier acción y procesamiento adecuados cargando el programa 730 en la RAM 720.

[00117] Las modalidades de la presente descripción pueden implementarse por medio del programa 730 de modo que el dispositivo 700 pueda realizar cualquier proceso de la descripción como se describe con referencia a las Figuras 2 a 4. Las modalidades de la presente descripción también pueden implementarse mediante hardware o mediante una combinación de software y hardware.

[00118] En algunas modalidades, el programa 730 puede estar contenido tangiblemente en un medio legible por computadora que puede incluirse en el dispositivo 700 (tal como en la memoria 720) u otros dispositivos de almacenamiento que son accesibles por el dispositivo 700. El dispositivo 700 puede cargar el programa 730 desde el medio legible por computadora a la RAM 722 para su ejecución. El medio legible por computadora puede incluir cualquier tipo de almacenamiento tangible no volátil, tal como ROM, EPROM, una memoria flash, un disco duro, CD, DVD y similares. La Figura 8 muestra un ejemplo del medio legible por computadora 800 en forma de CD o DVD. El medio legible por computadora tiene el programa 730 almacenado en este.

[00119] En general, las diversas modalidades de la presente descripción pueden implementarse en hardware o circuitos de propósito especial, software, lógica o cualquier combinación de estos. Algunos aspectos de la invención pueden implementarse en hardware, mientras que otros aspectos

pueden implementarse en firmware o software que pueden ser ejecutados por un controlador, microprocesador u otro dispositivo informático. Si bien varios aspectos de la invención pueden ilustrarse y describirse como diagramas de bloques, diagramas de flujo o usando alguna otra representación pictórica, se entiende bien que el bloque, los aparatos, sistemas, técnicas o métodos descritos en la presente pueden implementarse en, como ejemplos no limitantes, hardware, software, firmware, circuitos o lógica de propósito especial, hardware o controlador de propósito general u otros dispositivos informáticos, o alguna combinación de estos.

[00120] La presente descripción también proporciona al menos un producto de programa informático almacenado de forma tangible en un medio de almacenamiento no transitorio legible por computadora. El producto de programa informático incluye instrucciones ejecutables por computadora, tales como las incluidas en módulos de programa, que se ejecutan en un dispositivo en un procesador objetivo real o virtual, para llevar a cabo los métodos 500 y 600 como se describe anteriormente con referencia a las Figuras 2-4. En general, los módulos de programación incluyen rutinas, programas, bibliotecas, objetos, componentes, estructuras de datos o similares, que llevan a cabo tareas particulares o implementan tipos de datos abstractos particulares. Típicamente, la funcionalidad de los módulos de programa se puede combinar o distribuir como se desee en diversas modalidades. Las instrucciones ejecutables por máquina para módulos de programa pueden ejecutarse dentro de un dispositivo local o distribuido. En un entorno de sistema distribuido, los módulos de programa pueden encontrarse en dispositivos de almacenamiento de memoria tanto local como remota.

[00121] El código de programa para llevar a cabo los métodos de la presente descripción puede escribirse en cualquier combinación de uno o más lenguajes de programación. Estos códigos de programa se pueden proporcionar a un procesador o controlador de una computadora de propósito general, computadora de propósito especial u otro aparato de procesamiento de datos programable, de manera que los códigos de programa, cuando sean ejecutados por el procesador o controlador, provoquen las funciones/operaciones especificadas en los diagramas de flujo y/o diagramas de bloques a implementar. El código de programa puede ejecutarse completamente en una máquina, parcialmente en la máquina, como un paquete de software independiente, parcialmente en la máquina y parcialmente en una máquina remota o completamente en la máquina o servidor remotos.

[00122] En el contexto de la presente descripción, los códigos de programa informático o los datos relacionados pueden ser transportados por cualquier portador adecuado para permitir que el dispositivo, aparato o procesador realice varios procesos y operaciones como se describe anteriormente. Los ejemplos de portador incluyen una señal, un medio legible por computadora y similares.

[00123] El medio legible por computadora puede ser un medio de señal legible por computadora o un medio de almacenamiento legible por computadora. Un medio legible por computadora puede

incluir, entre otros, un sistema, aparato o dispositivo electrónico, magnético, óptico, electromagnético, infrarrojo o semiconductor o cualquier combinación adecuada de los anteriores. Ejemplos más específicos del medio de almacenamiento legible por computadora incluirían una conexión eléctrica que tiene uno o más cables, un disquete de computadora portátil, un disco duro, una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solo lectura (ROM), una lectura programable borrable -sólo memoria (EPROM o memoria Flash), una fibra óptica, un disco compacto portátil de memoria de solo lectura (CD-ROM), un dispositivo de almacenamiento óptico, un dispositivo de almacenamiento magnético o cualquier combinación adecuada de los anteriores.

[00124] De manera similar, aunque las operaciones se representan en los dibujos en un orden particular, esto no debe entenderse como que requiere que tales operaciones se realicen en el orden particular mostrado o en orden secuencial, o que todas las operaciones ilustradas se realicen, para lograr resultados deseados. En ciertas circunstancias, la multitarea y el procesamiento paralelo pueden ser ventajosos. Del mismo modo, aunque el análisis anterior contiene varios detalles de implementación específicos, estos no deben interpretarse como limitaciones en el alcance de la presente descripción, sino más bien como descripciones de características que pueden ser específicas para modalidades particulares. Ciertas características que se describen en el contexto de modalidades separadas también se pueden implementar en combinación en una sola modalidad. Por el contrario, varias características que se describen en el contexto de una sola modalidad también pueden implementarse en múltiples modalidades por separado o en cualquier subcombinación adecuada.

[00125] Si bien la presente descripción se ha descrito con lenguaje específico de características estructurales y/o acciones metodológicas, se entenderá que la presente descripción definida en las reivindicaciones adjuntas no se limita necesariamente a las características o las acciones específicas descritas anteriormente. En cambio, las características y acciones específicas descritas se describen como ejemplos de formas para implementar las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método que comprende:

determinar, en un dispositivo terminal, una matriz que comprende un conjunto de coeficientes de combinación lineal distintos de cero para cuantificar un canal entre el dispositivo terminal y un dispositivo de red, donde la matriz tiene componentes espaciales y componentes de frecuencia;

desplazar los componentes de frecuencia de la matriz circularmente, de modo que un coeficiente objetivo del conjunto de coeficientes de combinación lineal distintos de cero se ubica en un componente de frecuencia con un índice predeterminado de los componentes de frecuencia en una matriz desplazada;

generar una primera indicación que indica el componente espacial asociado con el coeficiente objetivo en la matriz; y

transmitir, al dispositivo de red, información de control de enlace ascendente que comprende la primera indicación.

2. El método de la reivindicación 1, en donde determinar la matriz comprende:

recibir información de control de enlace descendente recibida desde el dispositivo de red;

obtener una indicación de recursos asociada con los componentes espaciales y los componentes de frecuencia; y

determinar la matriz en base a la información de control del enlace descendente y la indicación de recursos.

3. El método de la reivindicación 1, en donde desplazar los componentes de frecuencia comprende:

determinar índices de los componentes de frecuencia;

determinar un índice de referencia a partir de los índices de los componentes de frecuencia, donde el índice de referencia indica un componente de frecuencia asociado con el coeficiente objetivo en la matriz;

desplazar los componentes de frecuencia basándose en los índices de los componentes de frecuencia, el índice predeterminado y el índice de referencia.

4. El método de la reivindicación 1, en donde generar la primera indicación comprende:

determinar, como el coeficiente objetivo, un coeficiente máximo del conjunto de coeficientes de combinación lineal distintos de cero; y

generar la primera indicación basada en el índice del componente espacial asociado con el coeficiente objetivo en la matriz.

5. El método de la reivindicación 1, que comprende, además:

determinar, basándose en la matriz desplazada, un mapa de bits que indica ubicaciones de los coeficientes de combinación lineal distintos de cero en la matriz desplazada; y

transmitir la información de control de enlace ascendente que comprende el mapa de bits.

6. El método de la reivindicación 1, que comprende, además:

generar, basándose en el índice predeterminado y los componentes de frecuencia, una segunda indicación que indica un rango de frecuencia asociado con un subconjunto de los componentes de frecuencia;

5 transmitir la información de control de enlace ascendente que comprende la segunda indicación.

7. El método de la reivindicación 6, en donde generar la segunda configuración comprende:

determinar, a partir de los componentes de frecuencia, un componente de frecuencia objetivo asociado con el índice predeterminado;

10 seleccionar, de los componentes de frecuencia, el subconjunto de los componentes de frecuencia excluyendo el componente de frecuencia objetivo;

determinar índices del subconjunto de componentes de frecuencia después del desplazamiento; y

15 generar la segunda indicación basada en los índices del subconjunto del componente de frecuencia.

8. Un método que comprende:

recibir en un dispositivo de red y desde un dispositivo terminal, información de control de enlace ascendente que comprende una primera indicación, donde la primera indicación indica componentes espaciales asociados con un coeficiente objetivo en una matriz que comprende un conjunto de coeficientes de combinación lineal distinta de cero para cuantificar un canal entre el dispositivo terminal y el dispositivo de red, donde la matriz tiene los componentes espaciales y los componentes de frecuencia; y

determinar la información de estado del canal en base a la información de control del enlace ascendente.

25 9. El método de la reivindicación 8, en donde la determinación de la información de estado comprende:

determinar la matriz en base a la información de control del enlace ascendente; y

determinar la información de estado basada en la matriz.

10. El método de la reivindicación 8, que comprende, además:

30 recibir información de control de enlace ascendente que comprende la información de control de enlace ascendente que comprende el mapa de bits que indica ubicaciones de los coeficientes de combinación lineal distintos de cero en una matriz desplazada obtenida desplazando los componentes de frecuencia de la matriz circularmente.

11. El método de la reivindicación 8, que comprende, además:

35 recibir información de control de enlace ascendente que comprende la segunda indicación que indica un rango de frecuencia asociado con un subconjunto de los componentes de frecuencia.

12. Un dispositivo, que comprende:

al menos un procesador; y

al menos una memoria que incluye códigos de programa informático;

5 la al menos una memoria y los códigos de programa informático se configuran, con el al menos un procesador, para provocar que el dispositivo al menos:

determine, en un dispositivo terminal, una matriz que comprende un conjunto de coeficientes de combinación lineal distintos de cero para cuantificar un canal entre el dispositivo terminal y un dispositivo de red, donde la matriz tiene componentes espaciales y componentes de frecuencia;

10 desplazar los componentes de frecuencia de la matriz circularmente, de modo que un coeficiente objetivo del conjunto de coeficientes de combinación lineal distintos de cero se ubica en un componente de frecuencia con un índice predeterminado de los componentes de frecuencia en una matriz desplazada;

generar una primera indicación que indica el componente espacial asociado con el coeficiente objetivo en la matriz; y

15 transmitir, al dispositivo de red, información de control de enlace ascendente que comprende la primera indicación.

13. El dispositivo de la reivindicación 12, donde se provoca que el dispositivo determine la matriz al:

20 recibir información de control de enlace descendente recibida desde el dispositivo de red; obtener una indicación de recursos asociada con los componentes espaciales y los componentes de frecuencia; y

determinar la matriz en base a la información de control del enlace descendente y la indicación de recursos.

25 14. El dispositivo de la reivindicación 12, donde se provoca que el dispositivo desplace los componentes de frecuencia al:

determinar índices de los componentes de frecuencia;

determinar un índice de referencia a partir de los índices de los componentes de frecuencia, donde el índice de referencia indica un componente de frecuencia asociado con el coeficiente objetivo en la matriz;

30 desplazar los componentes de frecuencia basándose en los índices de los componentes de frecuencia, el índice predeterminado y el índice de referencia.

15. El dispositivo de la reivindicación 12, donde se provoca que el dispositivo genere la primera indicación al:

35 determinar, como el coeficiente objetivo, un coeficiente máximo del conjunto de coeficientes de combinación lineal distintos de cero; y

generar la primera indicación basada en el índice del componente espacial asociado con el coeficiente objetivo en la matriz.

16. El dispositivo de la reivindicación 12, donde además se provoca que el dispositivo:

determine, basándose en la matriz desplazada, un mapa de bits que indica las ubicaciones

5 de los coeficientes de combinación lineal distintos de cero en la matriz desplazada; y

transmita la información de control de enlace ascendente que comprende el mapa de bits.

17. El dispositivo de la reivindicación 12, donde además se provoca que el dispositivo:

genere, basándose en el índice predeterminado y los componentes de frecuencia, una segunda indicación que indica un rango de frecuencia asociado con un subconjunto de los

10 componentes de frecuencia;

transmita la información de control de enlace ascendente que comprende la segunda indicación.

18. El dispositivo de la reivindicación 17, donde se provoca que el dispositivo genere la segunda indicación al:

15 determinar, a partir de los componentes de frecuencia, un componente de frecuencia objetivo asociado con el índice predeterminado;

seleccionar, de los componentes de frecuencia, el subconjunto de los componentes de frecuencia excluyendo el componente de frecuencia objetivo;

20 determinar índices del subconjunto de componentes de frecuencia después del desplazamiento; y

generar la segunda indicación basada en los índices del subconjunto del componente de frecuencia.

19. Un dispositivo, que comprende:

al menos un procesador; y

25 al menos una memoria que incluye códigos de programa informático;

la al menos una memoria y los códigos de programa informático se configuran, con el al menos un procesador, para provocar que el dispositivo al menos:

reciba en un dispositivo de red y desde un dispositivo terminal, información de control de enlace ascendente que comprende una primera indicación, donde la primera indicación indica
30 componentes espaciales asociados con un coeficiente objetivo en una matriz que comprende un conjunto de coeficientes de combinación lineal distinta de cero para cuantificar un canal entre el dispositivo terminal y el dispositivo de red, donde la matriz tiene los componentes espaciales y los componentes de frecuencia; y

35 determine la información de estado del canal en base a la información de control del enlace ascendente.

20. El dispositivo de la reivindicación 19, donde se provoca que el dispositivo determine la

información de estado al:

determinar la matriz en base a la información de control del enlace ascendente; y
determinar la información de estado basada en la matriz.

21. El dispositivo de la reivindicación 19, donde se provoca que el dispositivo, además:

5 reciba información de control de enlace ascendente que comprende la información de control de enlace ascendente que comprende el mapa de bits que indica ubicaciones de los coeficientes de combinación lineal distintos de cero en una matriz desplazada obtenida desplazando los componentes de frecuencia de la matriz circularmente.

22. El dispositivo de la reivindicación 19, donde se provoca que el dispositivo, además:

10 reciba información de control de enlace ascendente que comprende la segunda indicación que indica un rango de frecuencia asociado con un subconjunto de los componentes de frecuencia.

23. Un aparato que comprende:

15 medios para determinar, en un dispositivo terminal, una matriz que comprende un conjunto de coeficientes de combinación lineal distintos de cero para cuantificar un canal entre el dispositivo terminal y un dispositivo de red, donde la matriz tiene componentes espaciales y componentes de frecuencia;

20 medios para desplazar los componentes de frecuencia de la matriz circularmente, de modo que un coeficiente objetivo del conjunto de coeficientes de combinación lineal distintos de cero se ubica en un componente de frecuencia con un índice predeterminado de los componentes de frecuencia en una matriz desplazada;

 medios para generar una primera indicación que indica el componente espacial asociado con el coeficiente objetivo en la matriz; y

 medios para transmitir, al dispositivo de red, información de control de enlace ascendente que comprende la primera indicación.

25 24. Un aparato que comprende:

 medios para recibir, en un dispositivo de red y desde un dispositivo terminal, información de control de enlace ascendente que comprende una primera indicación, donde la primera indicación indica componentes espaciales asociados con un coeficiente objetivo en una matriz que comprende un conjunto de coeficientes de combinación lineal distinta de cero para cuantificar un canal entre el dispositivo terminal y el dispositivo de red, donde la matriz tiene los componentes espaciales y los componentes de frecuencia; y

 medios para determinar la información de estado del canal en base a la información de control del enlace ascendente.

35 25. Un medio legible por computadora no transitorio que comprende instrucciones de programa para provocar que un aparato realice al menos el método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.

26. Un medio legible por computadora no transitorio que comprende instrucciones de programa para provocar que un aparato realice al menos el método de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11.

RESUMEN

Las modalidades de la presente descripción se refieren a métodos, dispositivos, aparatos y medios de almacenamiento legibles por computadora para el diseño de información de control de enlace ascendente (UCI). El método comprende determinar, en un dispositivo terminal, una matriz que comprende un conjunto de coeficientes de combinación lineal distintos de cero para cuantificar un canal entre el dispositivo terminal y un dispositivo de red, donde la matriz tiene componentes espaciales y componentes de frecuencia; desplazar los componentes de frecuencia de la matriz de forma circular, de modo que un coeficiente objetivo del conjunto de coeficientes de combinación lineal distintos de cero se ubique en un componente de frecuencia con un índice predeterminado de los componentes de frecuencia en una matriz desplazada; generar una primera indicación que indique el componente espacial asociado con el coeficiente objetivo en la matriz; y transmitir, al dispositivo de red, información de control de enlace ascendente que comprende la primera indicación. De esta manera, una nueva solución para el diseño de la UCI puede reducir los gastos generales para reportar los parámetros en la "UCI parte 1" y la "UCI parte 2".