

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 945 189**

51 Int. Cl.:

**H04B 7/06** (2006.01)

**H04B 7/0456** (2007.01)

**H04B 7/0452** (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.03.2020 E 20166658 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.02.2023 EP 3720009**

54 Título: **Información de control de enlace ascendente**

30 Prioridad:

**04.04.2019 WO PCT/CN2019/081612**

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

**29.06.2023**

73 Titular/es:

**NOKIA TECHNOLOGIES OY (100.0%)**

**Karakaari 7**

**02610 Espoo, FI**

72 Inventor/es:

**TOSATO, FILIPPO;**

**MASO, MARCO;**

**NHAN, NHAT-QUANG y**

**LIU, HAO**

74 Agente/Representante:

**DEL VALLE VALIENTE, Sonia**

**ES 2 945 189 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Información de control de enlace ascendente

### 5 **Campo**

Las realizaciones de la presente descripción se refieren, de forma general, al campo de las telecomunicaciones y, en particular, a métodos, dispositivos, aparatos y medios de almacenamiento legibles por ordenador para un diseño de información de control de enlace ascendente (UCI).

10

### **Antecedentes**

En 3GPP New Radio (NR) Rel-15 y 16, se ha introducido un mecanismo de compresión para reducir la sobrecarga al informar la información de estado del canal (CSI) de los UE a la estación transceptora base (BTS), que se requiere para operar múltiples usuarios, múltiples entradas y múltiples salidas (MU-MIMO) 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) de 1 a 4. El mensaje CSI puede comprender un indicador de calidad de canal (CQI) y un indicador de matriz de precodificación (PMI). El CQI se puede obtener a partir de una estimación de la SINR esperada después de la decodificación de una palabra de código multiplexada a través de las capas espaciales notificadas y el PMI puede comprender un conjunto de ponderaciones de precodificación de valor complejo que se necesitan para lograr ese CQI. Ambos parámetros CQI y PMI se informan por subbanda. El PMI está representado por una matriz para cada capa informada, cada una de las que contiene tantos vectores de columna como el número de subbandas. Las operaciones de compresión SD y FD se aplican a estas matrices PMI en sus filas y columnas, respectivamente.

25

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). En una forma convencional, este mensaje puede organizarse en dos partes, en concreto, “parte 1 de UCI” y “parte 2 de UCI”. La “parte 1 de UCI” puede comprender la información de CQI y los parámetros necesarios para determinar el tamaño de la carga útil de la “parte 2 de UCI”. La “parte 1 de UCI” transmitida en el canal de control de enlace ascendente físico (PUCCH) puede tener una carga útil muy corta y de tamaño fijo y puede codificarse con un código de corrección de errores de reenvío 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 lo que tiene la misma protección contra errores que los datos.

35

El borrador R1-1902304 del 3GPP se refiere a un sumario de las mejoras de la información del estado del canal y describe el tema según el preámbulo de las reivindicaciones independientes.

40

El borrador R1-1813693 de 3GPP se relaciona con el bit de cuantificación para la mejora del libro de códigos y describe otro ejemplo de transmisión de una matriz de coeficientes representativa de una matriz de frecuencia-espacio.

### **Sumario**

En general, las realizaciones ilustrativas de la presente descripción proporcionan una solución para el diseño de información de control de enlace ascendente (UCI). Este objeto de la invención se consigue mediante los métodos según las reivindicaciones independientes 1 y 7, los aparatos según las reivindicaciones 8 y 14 y los medios legibles por ordenador no transitorios según las reivindicaciones 15 y 16. Las realizaciones ventajosas de la invención se describen en las reivindicaciones dependientes.

50

Debe entenderse que la sección de sumario no pretende identificar las características clave o esenciales de las realizaciones de la presente descripción, ni pretende utilizarse 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 los dibujos**

55

A continuación se describirán algunas realizaciones ilustrativas con referencia a los dibujos adjuntos, donde:

La Figura 1 muestra una red de comunicación ilustrativa en donde pueden implementarse realizaciones ilustrativas de la presente descripción;

60

la Figura 2 muestra un diagrama esquemático que ilustra un proceso para el diseño de UCI según las realizaciones ilustrativas de la presente descripción;

65

las Figuras 3A y 3B muestran diagramas de una matriz ilustrativa y del mapa de bits correspondiente según algunas realizaciones ilustrativas de la presente descripción;

las Figuras 4A y 4B muestran diagramas de una matriz ilustrativa y del mapa de bits correspondiente después de la operación de desplazamiento según algunas realizaciones ilustrativas de la presente descripción;

5 la Figura 5 muestra un diagrama de flujo de un método 500 ilustrativo del diseño de UCI según algunas realizaciones ilustrativas de la presente descripción;

la Figura 6 muestra un diagrama de flujo de un método 600 ilustrativo del diseño de UCI según algunas realizaciones ilustrativas de la presente descripción;

10 la Figura 7 es un diagrama de bloques simplificado de un dispositivo que es adecuado para implementar realizaciones ilustrativas de la presente descripción; y

la Figura 8 ilustra un diagrama de bloques de un medio legible por ordenador ilustrativo según algunas realizaciones de la presente descripción.

15 A lo largo de los dibujos, los mismos o similares números de referencia representan el mismo o similar elemento.

### Descripción detallada

20 El principio de la presente descripción se describirá ahora con referencia a algunas realizaciones ilustrativas. Debe entenderse que estas realizaciones se describen solo con fines ilustrativos y ayudarán a los expertos en la técnica a comprender e implementar la presente descripción, sin sugerir limitación alguna en cuanto al ámbito de la misma. La invención descrita en la presente memoria puede implementarse de diversas formas distintas a las descritas a continuación.

25 A menos que se definan de otro modo, todos los términos técnicos y científicos empleados en la presente memoria tienen el mismo significado que el comúnmente entendido por un experto ordinario en la técnica a la que pertenece la descripción.

30 Como se utiliza en la presente memoria, la expresión “red de comunicación” se refiere a una red que sigue cualquier norma o protocolo de comunicación adecuado, tal como evolución a largo plazo (LTE), LTE-Avanzado (LTE-A) y 5G NR, y que emplee cualquier tecnología de comunicación adecuada, incluidas, por ejemplo, tecnologías de Múltiples Entradas, Múltiples Salidas (MIMO), OFDM, multiplexación por división de tiempo (TDM), multiplexación por división de frecuencia (FDM), multiplexación por división de código (CDM), Bluetooth, ZigBee, comunicación de tipo de máquina (MTC), eMBB, mMTC y uRLLC. A efectos de análisis, en algunas realizaciones ilustrativas, la red LTE, la red LTE-A, la red 5G NR o cualquier combinación de las mismas se toma como ejemplo de red de comunicación.

35 Como se utiliza en la presente memoria, la expresión “dispositivo de red” se refiere a cualquier dispositivo adecuado en un lado de 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, incluidos, por ejemplo, una estación base (BS), un relé, un punto de acceso (AP), un nodo B (NodeB, o NB), un nodo NodeB evolucionado (eNodeB, o eNB), un nodo NodeB 5G de próxima generación (gNB), un módulo de radio remoto (RRU), una cabecera de radio (RH), una cabecera de radio remota (RRH) y un nodo de baja potencia, tal como un nodo de potencia a nivel femto, un nodo a nivel pico y nodos similares. A efectos de análisis, en algunas realizaciones ilustrativas, el nodo gNB se toma como ejemplo de dispositivo de red.

40 El dispositivo de red también puede incluir cualquier dispositivo adecuado en una red central, incluidos, por ejemplo, equipos de radio multiestándar (MSR) tales como MSRBS, controladores de red tales como controladores de red de radio (RNC) o controladores de estación base (BSC), entidades de coordinación multicelda/multidifusión (MCE), centros de conmutación móvil (MSC) y entidades de gestión móvil (MME), nodos de sistema de apoyo al funcionamiento (OSS), nodos de red de autoorganización (SON), nodos de posicionamiento, tales como centros de posición móvil de servicio mejorado (E-SMLC) y/o terminales de datos móviles (MDT).

45 Como se emplea en la presente memoria, la expresión “dispositivo terminal” se refiere a un dispositivo capaz de, configurado para, y/o que funciona para, realizar comunicaciones con un dispositivo de red o un dispositivo terminal adicional en una red de comunicación. Las comunicaciones pueden conllevar transmitir y/o recibir señales inalámbricas utilizando señales electromagnéticas, ondas de radio, señales infrarrojas y/u otros tipos de señales adecuados para transportar información por aire. En algunas realizaciones ilustrativas, 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 sea activado por un evento interno o externo, o en respuesta a solicitudes procedentes del lado de red.

50 Ejemplos de dispositivo terminal incluyen, aunque no de forma limitativa, equipos de usuario (EU) tales como teléfonos inteligentes, ordenadores de tableta habilitados para la comunicación inalámbrica, equipos integrados en ordenador portátil (LEE), equipos montados en ordenador portátil (LME) y/o equipos inalámbricos en instalaciones de cliente (CPE). A efectos de análisis, a continuación se describirán algunas realizaciones con referencia a los EU como

65

ejemplos de dispositivos terminales, y las expresiones “dispositivo terminal” y “equipo de usuario” (EU) pueden utilizarse indistintamente en el contexto de la presente descripción.

5 Como se emplea en la presente memoria, la expresión “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 informe de medición de posicionamiento del UE objetivo a través de una señalización de capa alta. El servicio de ubicación puede comunicarse también 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 integrada en el dispositivo de red.

15 En correspondencia con la expresión “servidor de ubicación”, la expresión “cliente de ubicación”, como se emplea en la presente memoria, 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. También, el cliente de ubicación puede considerarse como el propio UE objetivo.

20 Como se emplea en la presente memoria, el término “celda” se refiere a un área cubierta por señales de radio transmitidas por un dispositivo de red. El dispositivo terminal dentro de la celda puede recibir servicio del dispositivo de red y acceder a la red de comunicación a través del dispositivo de red.

Como se emplea en la presente memoria, el término “circuitería” puede referirse a uno o a más o a todos de los siguientes conceptos:

25 (a) implementaciones de circuitos solo en hardware (tales como implementaciones en conjuntos de circuitos solo analógicos y/o digitales) y

30 (b) combinaciones de circuitos físicos y software, tales como (según corresponda): (i) a una combinación de circuito(s) de hardware analógicos y/o digitales con software/firmware y (ii) cualquier parte de procesadores de hardware con software (incluidos procesadores de señales digitales), software y memoria(s) que funcionen juntos para hacer que un aparato, tal como un teléfono móvil o un servidor, realice diversas funciones) y

35 (c) un(os) circuito(s) de hardware y/o procesador(es), tales como un(os) microprocesador(es) o parte de un(os) microprocesador(es), que requiere(n) un software (p. ej., firmware) para su funcionamiento, pero el software puede no estar presente cuando no sea necesario para el funcionamiento.

40 Esta definición de circuitería aplica a todos los usos de este término en esta solicitud, incluyendo en cualquier reivindicación. Como ejemplo adicional, tal y como se emplea en esta solicitud, el término circuitería también cubre una implementación de tan solo un circuito físico o un procesador (o múltiples procesadores) o de una parte de un circuito físico o de un procesador y de su software y/o firmware acompañante. Por ejemplo, y si fuese aplicable a un elemento de reivindicación particular, el término circuitería también abarca un circuito integrado de banda base o circuito integrado de procesador para un teléfono móvil o un circuito integrado similar en un servidor, un dispositivo de red celular u otro dispositivo informático o de red.

45 Como se utilizan en la presente memoria, se pretende que las formas en singular “un”, “una”, “el” y “la” incluyan las formas en plural, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. El término “incluye” y sus variantes han de entenderse como términos abiertos que significan “incluye, aunque no de forma limitativa”. La expresión “basado/a en” ha de leerse como “basado/a al menos en parte en”. La expresión “una realización” ha de leerse como “al menos una realización”. La expresión “otra realización” ha de leerse como “al menos otra realización”. A continuación pueden incluirse otras definiciones, tanto explícitas como implícitas.

50 Como se ha descrito anteriormente, el indicador de matriz de precodificación (PMI) está representado por una matriz para cada capa informada, cada una de las que contiene tantos vectores de columna como el 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 componentes: un conjunto de vectores DFT de base ortogonal para la compresión SD, un conjunto de vectores DFT de base ortogonal para la compresión FD y un conjunto de coeficientes de combinación lineal (LC) de valores complejos. Por lo tanto, ambas operaciones de compresión son proyecciones lineales sobre dos bases ortogonales. Cuando las dos bases ortogonales se notifican 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 se puede informar un subconjunto de coeficientes LC distintos de cero por capa para reducir la sobrecarga, se requiere informar tanto la ubicación de los coeficientes distintos de cero informados como sus valores complejos. Se utiliza un mapa de bits por capa para informar sobre estas ubicaciones.

65 Cada vector PMI se puede informar a la BTS basándose en un factor de escala complejo (amplitud y fase) porque este factor no afecta el diseño precodificador. Esta propiedad se usa, 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

permite aplicar también una escala común a todos los coeficientes LC antes de la cuantificación, de modo que tengan un límite superior en amplitud de 1 y el intervalo de cuantificación para la amplitud sea  $[0,1]$ .

5 Esta escala común de coeficientes LC se aplica de forma independiente a los coeficientes de cada capa y consiste en la amplitud y fase del coeficiente “más fuerte”, *es decir*, el coeficiente con la mayor magnitud, para esa capa. Puesto que el coeficiente más fuerte después de la normalización puede ser igual a 1, no es necesario informar ni la amplitud ni la fase del coeficiente más fuerte. En cambio, su ubicación en el mapa de bits se señala mediante un indicador de coeficiente más fuerte (SCI).

10 Un aspecto importante de la señalización de la 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). En una forma convencional, este mensaje puede organizarse en dos partes, en concreto, “parte 1 de UCI” y “parte 2 de UCI”. La “parte 1 de UCI” puede comprender la información de CQI y los parámetros necesarios para determinar el tamaño de la carga útil de la “parte 2 de UCI”. La “parte 1 de UCI” transmitida en el canal de control de enlace ascendente físico (PUCCH) puede tener una carga útil muy corta y de tamaño fijo y puede codificarse con un código de corrección de errores de reenvío 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 lo que tiene la misma protección contra errores que los datos.

20 La información en la “parte 1 de UCI” que se utiliza para determinar el tamaño de la carga útil de la “parte 2 de UCI” se puede organizar de dos maneras, en concreto (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 informadas y el indicador RI. Las dos formas permiten determinar el rango informado y, por lo tanto, el número de mapas de bits en la “parte 2 de UCI”. El número de coeficientes cuantificados se informa también en la “parte 2 de UCI”, a partir de la que se puede determinar el tamaño de la carga útil.

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

30 La manera (2), como se ha mencionado anteriormente, es preferible, porque la sobrecarga para indicar el número de coeficientes LC distintos de cero en la “parte 1 de UCI” puede reducirse significativamente. Sin embargo, la manera (2) tiene el inconveniente de hacer más ineficaz la señalización del SCI. De hecho, hay un 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  $\lceil \log_2 N_{LC} \rceil$  bits, con número total  $N_{LC}$  de coeficientes distintos de cero.

35 La introducción de una restricción de este tipo tampoco es deseable porque el UE debe seleccionar los coeficientes LC que se reportarán para optimizar la compresión conjuntamente a través de las capas reportadas para un desplazamiento máximo dado de coeficientes. Agregar restricciones innecesarias a esta optimización, por ejemplo, al limitar el número de coeficientes que se permite informar por capa, puede tener un impacto negativo en el rendimiento.

40 Por tanto, la presente descripción propone un mecanismo de señalización para las bases SCI y FD que reduce la sobrecarga del mensaje UCI al explotar una propiedad de la compresión de frecuencia basada en DFT, en concreto, que cualquier rampa de fase aplicada a través de las columnas de la matriz de coeficientes LC antes la compresión FD sea transparente para la BTS y no requiera señalización.

45 Las realizaciones de la presente descripción proporcionan una solución para el diseño de UCI, para resolver al menos en parte los problemas anteriores y otros posibles. Algunas realizaciones ilustrativas de la presente descripción se describirán a continuación con referencia a las figuras. Sin embargo, los expertos en la materia apreciarán fácilmente que la descripción detallada que se proporciona en la presente memoria con respecto a estas figuras tiene fines explicativos, ya que la presente descripción se extiende más allá de estas realizaciones limitadas.

50 La Figura 1 muestra una red 100 de comunicación ilustrativa en donde pueden implementarse las implementaciones de la presente descripción. La red 100 de comunicación incluye un dispositivo 110 de red 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 de comunicación puede incluir cualquier número adecuado de dispositivos de red, dispositivos terminales y/o celdas adaptadas para implementar implementaciones de la presente descripción.

55 En la red 100 de comunicación, el dispositivo 110 de red puede comunicar datos e información de control al dispositivo terminal 120 y el dispositivo terminal 120 puede comunicar también datos e información de control al dispositivo 110

de red. Un enlace del dispositivo 110 de red al dispositivo terminal 120 se denomina enlace descendente (DL), mientras que un enlace del dispositivo terminal 120 al dispositivo 110 de red se denomina enlace ascendente (UL).

Las comunicaciones en la red 100 pueden ajustarse a cualquier estándar adecuado que incluye, entre otros, Sistema global para comunicaciones móviles (GSM), Evolución a largo plazo (LTE), Evolución LTE, LTE-Avanzado (LTE-A), Código de banda ancha Acceso Múltiple por División (WCDMA), Acceso Múltiple por División de Código (CDMA), Red de Acceso por Radio GSM EDGE (GERAN), y similares. Asimismo, las comunicaciones se pueden realizar según cualquier generación de protocolos de comunicación actualmente conocidos o que se desarrollen en el futuro. Ejemplos de los protocolos de comunicación incluyen, entre otros, protocolos de comunicación de primera generación (1G), segunda generación (2G), 2.5G, 2.75G, tercera generación (3G), cuarta generación (4G), 4.5G, quinta generación (5G).

Para obtener el CSI de un canal de comunicación entre el dispositivo 110 de red y el dispositivo terminal 120, el dispositivo 110 de red puede transmitir una señal de referencia de información de estado del canal (CSI-RS) al dispositivo terminal 120. El dispositivo terminal 120 puede recibir la CSI-RS del dispositivo 110 de red y obtener información del canal midiendo la CSI-RS. El dispositivo terminal 120 puede entonces determinar el 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 el CSI basándose en el libro de códigos correspondiente. El dispositivo terminal 120 puede informar el CSI al dispositivo 110 de red. El proceso para informar el CSI también se denomina "retroalimentación de CSI". El CSI puede garantizar la confiabilidad de la comunicación inalámbrica entre el dispositivo 110 de red y el dispositivo terminal 120. Como se ha mencionado anteriormente, para la señalización CSI, un aspecto importante es la disposición de los componentes del PMI comprimido en el mensaje de información de control de enlace ascendente (UCI).

La Figura 2 es un diagrama esquemático de un proceso 200 para el diseño de UCI según las realizaciones ilustrativas de la presente descripción. A efectos de análisis, el proceso 200 se describirá con referencia a la Fig. 1. El proceso 200 puede involucrar el dispositivo terminal 120 y los dispositivos 110 de red como se ilustra en la Figura 1.

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 110 de red. La matriz puede tener componentes espaciales y componentes de frecuencia y corresponder a un mapa de bits que indica un conjunto de coeficientes de combinación lineal distintos de cero para cuantificar el canal.

En algunas realizaciones ilustrativas, el dispositivo terminal 120 puede recibir la información de control de enlace descendente recibida desde el dispositivo 110 de red y obtener una indicación de recurso asociada con los componentes espaciales y los componentes de frecuencia, que se conocen 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 de enlace descendente y la indicación de recursos.

Tal matriz y el mapa de bits correspondiente pueden mostrarse 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 320 de frecuencia. Tal matriz mostrada en la Figura 3A puede denominarse matriz de coeficientes LC.

Como se ha mencionado anteriormente, la matriz se puede obtener aplicando la compresión a una matriz PMI que representa la colección de vectores de precodificación para una capa espacial determinada para todas las subbandas configuradas, lo que se puede indicar en la información de control de enlace descendente recibida del dispositivo 110 de red. Dada la matriz  $\mathbf{W}$  de PMI 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 de polarización cruzada bidimensional de transmisión y  $N_3$  es el número de subbandas PMI configuradas. Para los indicadores de rango (RI) mayores que uno, existe una matriz PMI de este tipo para cada una de las capas espaciales de RI. Las operaciones de compresión en la matriz  $\mathbf{W}$  PMI son lineales y se pueden representar mediante la siguiente ecuación:

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

donde los vectores 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  $\widetilde{\mathbf{W}}_2$  es una matriz  $2L \times M$  de coeficientes LC de valores complejos. La matriz  $\widetilde{\mathbf{W}}_2$  puede referirse a la matriz que se muestra en la Figura 3A. Para reducir aún más la sobrecarga de señalización, solo un subconjunto de los  $2LM$  coeficientes LC se notifican, y los restantes se establecen en cero. Este grupo de coeficientes LC notificados se denomina 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.

Por lo tanto, el informe PMI para una capa puede consistir en dos indicadores para la selección de subconjuntos de base SD y FD, respectivamente, y un mapa de bits  $2L \times M$  que indica la ubicación de los coeficientes distintos de cero  $K_{NZ}$  en la matriz  $\widetilde{\mathbf{W}}_2$ . El mapa de bits correspondiente a la matriz  $\widetilde{\mathbf{W}}_2$  se puede mostrar en la Figura 3B. Como se

muestra en las Figura 3A y 3B, la fila y la columna del mapa de bits pueden corresponder a los componentes espaciales y a los componentes de frecuencia, por ejemplo, el 0° componente de frecuencia en el dominio 320 de frecuencia corresponde a la 0° columna del mapa de bits.

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

10 En algunas realizaciones ilustrativas, 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 basándose en 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 del desplazamiento. El dispositivo terminal 120 puede realizar la operación de desplazamiento basándose en el resultado de la operación de módulo.

15 Por ejemplo, asumiendo  $N_3$  es el número de componentes de frecuencia,  $M < N_3$  el tamaño de la base del dominio de frecuencia formada por los componentes de frecuencia con índices  $m_0, m_1, \dots, m_{M-1}$ , y  $m_{i_{m\acute{a}x}}$  es el índice del componente de frecuencia con el coeficiente más fuerte. Por ejemplo, suponiendo que el valor de índice predefinido para el componente  $m_{i_{m\acute{a}x}}$  es 0. El dispositivo terminal 120 puede realizar la operación de desplazamiento basándose en la siguiente ecuación:

$$25 \quad \{m_i\} \rightarrow \{(m_i - m_{i_{m\acute{a}x}}) \bmod N_3\} \quad (2)$$

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

30 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.

35 En algunas realizaciones ilustrativas, 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 de los componentes de frecuencia, el subconjunto de componentes de frecuencia que excluye 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 en base a los índices del subconjunto del componente de frecuencia.

40 Volviendo a la suposición relacionada con la ecuación (2), el dispositivo terminal 120 puede informar el subconjunto de los componentes de frecuencia de tamaño  $M - 1$ , sin el "0" componente de frecuencia de la siguiente manera:

$$45 \quad (m_{i_{m\acute{a}x+1}} - m_{i_{m\acute{a}x}}) \bmod N_3, (m_{i_{m\acute{a}x+2}} - m_{i_{m\acute{a}x}}) \bmod N_3, \dots, (m_{i_{m\acute{a}x-1}} - m_{i_{m\acute{a}x}}) \bmod N_3 \quad (3)$$

Después de determinar el 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 110 de red.

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

55 En algunas realizaciones ilustrativas, la UCI también puede comprender un mapa de bits correspondiente a la matriz del coeficiente LC. Se puede determinar un mapa de bits en base a la matriz antes de la operación de desplazamiento. Como se ha mencionado 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.

60 En algunas realizaciones ilustrativas, 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.

65

En algunas realizaciones ilustrativas, el dispositivo terminal 120 transmite la información de control de enlace ascendente que comprende también el mapa de bits actualizado.

Con referencia a las Figura 3A-3B y las Figura 4A-4B, la operación de desplazamiento puede mostrarse claramente. Como se ha mencionado 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, asumiendo que el coeficiente 330 más fuerte está ubicado en el 1° componente 341 de frecuencia. Por ejemplo, el dispositivo terminal 120 puede desplazar la matriz de modo que el coeficiente más fuerte esté ubicado en el 0° componente de frecuencia. La matriz desplazada se puede mostrar en la Figura 4A. El coeficiente más fuerte 330 se encuentra en el 0° componente 340 de frecuencia. Correspondientemente, el mapa de bits mostrado en la Figura 3B puede actualizarse para ser el mapa de bits que se muestra en la Figura 4B.

Si suponemos, sin pérdida de generalidad, un orden de lectura por filas del mapa de bits de la Figura 4A, el coeficiente más fuerte es el tercer coeficiente NZ, por lo tanto, sin la propuesta de la presente descripción, se indica 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 debe informarse en la "parte 1 de UCI".

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  $m_{\text{imáx}} = 1$ . 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, el SCI se indica con  $\lceil \log_2 2L \rceil = 3$  bits que informan el índice del componente SD, que en el ejemplo es: SCI=1 o 001 (representación binaria de 3 bits de 1).

Haciendo referencia a la Figura 2 de nuevo, el dispositivo 110 de red recibe la información de control de enlace ascendente desde el dispositivo terminal 120 y determina la información de estado del canal basándose en la información de control de enlace ascendente.

En algunas realizaciones ilustrativas, el dispositivo 110 de red puede determinar la matriz basándose en la información de control de enlace ascendente y determinar la información de estado basándose en la matriz. Como se ha mencionado anteriormente, la matriz se puede obtener aplicando la compresión de la matriz PMI. El dispositivo 110 de red necesita reconstruir la matriz PMI basándose en la matriz. Según la UCI, el dispositivo 110 de red puede determinar el subconjunto de los componentes de frecuencia excluyendo el componente de frecuencia objetivo y el dispositivo 110 de red puede reconstruir el PMI agregando el componente de frecuencia objetivo al subconjunto de los componentes de frecuencia.

De esta manera, una nueva solución para el diseño de la UCI puede reducir la sobrecarga para informar los parámetros en la "parte 1 de UCI" y la "parte 2 de UCI".

A continuación, se explicará el principio para el desplazamiento circular. Como se ha mencionado 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 informada al dispositivo 110 de red porque es transparente para el diseño precodificador.

Es bien sabido que una rotación de fase a través de las columnas de una matriz  $\mathbf{W}$  de precodificación no afecta el rendimiento del precodificador, por ende, el dispositivo 110 de red 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 no es necesario informar al dispositivo 110 de red de los ajustes de fase aplicados a través de las columnas de la matriz  $\mathbf{W}_2$  antes de la compresión en el dominio de la frecuencia. También se señalará que la elección de estas fases es un importante grado de libertad que un dispositivo terminal 120 puede explotar para mejorar la compresión de frecuencia, es decir reducir el error de reconstrucción en el dispositivo 110 de red.

Al principio, considerando un caso ideal para la compresión de frecuencia, sin selección de subconjunto base, es decir asumiendo que  $M = N_3$ , y con informes de todos los coeficientes  $2LN_3$  de dominio de frecuencia no cuantificados. Tenga en cuenta 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 una matriz  $\mathbf{R}$  diagonal de rotaciones de fase arbitrarias:

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

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

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

mientras que, si el dispositivo 110 de red no es consciente de  $\mathbf{R}$ , la reconstrucción produce:

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

En este caso ideal, observamos que 1) la diferencia entre la reconstrucción (5) y (6) es solo una rotación de fase a través de las columnas del precodificador, es decir,

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

y 2) suponiendo un informe perfecto de la matriz  $\mathbf{W}_2$  de combinación lineal de los  $2L \times N_3$ , aplicar las rotaciones de fase en (4) es irrelevante.

Considerando el caso realista de la selección del subconjunto base con  $M \leq N_3$  y la cuantización de los coeficientes de combinación lineal y digamos  $\widetilde{\mathbf{W}}_2'$  es la matriz  $2L \times N_3$  de coeficientes FD conocida en el dispositivo 110 de red. Tenga en cuenta que sólo hasta los coeficientes  $k_0$  de  $\widetilde{\mathbf{W}}_2'$  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 lineal:

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

De tal forma que  $\widetilde{\mathbf{W}}_2'$  puede expresarse, en un caso muy general, como:

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

Si el dispositivo 110 de red conoce los desfases  $\mathbf{R}$ , el precodificador  $\mathbf{W}'$  se reconstruye, con error, como:

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

Si el dispositivo 110 de red no es consciente de  $\mathbf{R}$ , la reconstrucción del precodificador produce:

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

Al comparar (10) y (11), se obtendrá:

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

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, aplicar rotaciones de fase apropiadas en el dispositivo terminal hace una diferencia en términos de error de reconstrucción. De hecho, el dispositivo terminal puede optimizar la selección de las rotaciones  $\mathbf{R}$  de fase de modo que el error  $\mathbf{E}$  de reconstrucción se minimiza según alguna métrica, incluso si el dispositivo de red no es consciente de estos ajustes de fase.

Tenga en cuenta que ambos resultados (7) y (12) se cumplen 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 matriz identidad.

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

Tenga en cuenta que varias operaciones pueden expresarse mediante estas rotaciones de fase. Un libro de códigos DFT sobremuestreados se puede describir como la unión de versiones circularmente desplazadas  $\mathcal{O}_3$  de un libro de códigos críticamente muestreado, donde el desplazamiento mínimo es fraccionario. En consecuencia, podemos expresar la selección de uno de los grupos ortogonales  $\mathcal{O}_3$  de tamaño  $N_3$  usando la notación (3) con  $\mathbf{R}$  dada por la rampa de fase:

$$\mathbf{R}_o = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & e^{j2\pi\frac{k}{O_3N_3}} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & e^{j2\pi\frac{2k}{O_3N_3}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & e^{j2\pi\frac{(N_3-1)k}{O_3N_3}} \end{pmatrix} \quad (13)$$

y  $k \in [0, \dots, O_3 - 1]$ . De forma similar, un desplazamiento circular de los componentes candidatos del dominio de la frecuencia  $N_3$  se puede obtener aplicando una rampa de fase a través de las columnas de  $\mathbf{W}_2$ , en el dominio original, con un múltiple 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 por (4) con  $\mathbf{R}$  dada por la rampa de fase:

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

y  $n \in [0, \dots, N_3 - 1]$ . Finalmente, el sobremuestreo y los cambios circulares se pueden combinar también con ajustes de fase en las columnas de  $\mathbf{W}_2$  para garantizar transiciones de fase suaves a lo largo de sus filas antes de aplicar compresión en el dominio de la 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, cambios 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:

$$\mathbf{R} = \mathbf{R}_o \mathbf{R}_s \mathbf{R}_\phi = \begin{pmatrix} e^{j\phi_0} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & e^{j(2\pi\frac{O_3n+k}{O_3N_3} + \phi_1)} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & e^{j(2\pi\frac{2(O_3n+k)}{O_3N_3} + \phi_2)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & e^{j(2\pi\frac{(N_3-1)(O_3n+k)}{O_3N_3} + \phi_{N_3-1})} \end{pmatrix} \quad (16)$$

A continuación se darán más detalles de las realizaciones ilustrativas según la presente descripción con referencia a las Figuras 5 y 6.

La Figura 5 muestra un diagrama de flujo de un método 500 ilustrativo para el diseño de UCI según algunas realizaciones ilustrativas de la presente descripción. El método 500 puede implementarse en el dispositivo terminal 120 mostrado en la Figura 1. A efectos de análisis, el método 500 se describirá con referencia a la Figura 1.

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, teniendo la matriz componentes espaciales y componentes de frecuencia.

En algunas realizaciones ilustrativas, 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 puede determinar también la matriz basándose en la información de control de enlace descendente y la indicación de recursos.

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.

En algunas realizaciones ilustrativas, el dispositivo terminal 110 puede determinar índices de los componentes de frecuencia. El dispositivo terminal 110 puede determinar también un índice de referencia a partir de los índices de los componentes de frecuencia, indicando el índice de referencia 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.

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

10 En algunas realizaciones ilustrativas, el dispositivo terminal 110 puede determinar, como 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.

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

20 En algunas realizaciones ilustrativas, el dispositivo terminal 110 puede determinar, basándose en la matriz desplazada, un mapa de bits que indica las 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.

25 En algunas realizaciones ilustrativas, el dispositivo terminal 110 puede generar, basándose en el índice predeterminado y los componentes de frecuencia, una segunda indicación que indique 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.

30 En algunas realizaciones ilustrativas, 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, de los componentes de frecuencia, el subconjunto de componentes de frecuencia que excluye el componente de frecuencia objetivo. El dispositivo terminal 110 puede determinar también índices del subconjunto de los componentes de frecuencia después del desplazamiento y generar la segunda indicación basada en los índices del subconjunto del componente de frecuencia.

35 La Figura 6 muestra un diagrama de flujo de un método 600 ilustrativo para el diseño de UCI según algunas realizaciones ilustrativas de la presente descripción. El método 600 puede implementarse en el dispositivo 110 de red mostrado en la Figura 1. A efectos de análisis, el método 600 se describirá con referencia a la Figura 1.

40 En 610, el dispositivo 110 de red recibe en un dispositivo de red y desde un dispositivo terminal 120, información de control de enlace ascendente que comprende una primera indicación, indicando la primera indicación componentes espaciales asociados con un coeficiente objetivo en una matriz que comprende un conjunto de combinación lineal distinta de cero coeficientes para cuantificar un canal entre el dispositivo terminal y el dispositivo de red, teniendo la matriz los componentes espaciales y los componentes de frecuencia.

45 En 620, el dispositivo 110 de red determina la información de estado del canal basándose en la información de control de enlace ascendente.

50 En algunas realizaciones ilustrativas, el dispositivo 110 de red puede determinar la matriz basándose en la información de control de enlace ascendente y determinar la información de estado basándose en la matriz.

55 En algunas realizaciones ilustrativas, el dispositivo 110 de red 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 las ubicaciones de los coeficientes de combinación lineal distintos de cero en una matriz desplazada obtenida desplazando los componentes de frecuencia de la matriz circularmente.

60 En algunas realizaciones ilustrativas, el dispositivo 110 de red 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.

65 En algunas realizaciones ilustrativas, un aparato capaz de llevar a cabo 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 de cualquier forma adecuada. Por ejemplo, los medios pueden implementarse en circuitería o en un módulo de software.

En algunas realizaciones ilustrativas, el aparato 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, teniendo la matriz componentes espaciales y componentes de frecuencia; medios para desplazar circularmente los componentes de frecuencia de la matriz, de modo que un coeficiente objetivo del conjunto de coeficientes de combinación lineales distintos de cero esté situado 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.

5 En algunas realizaciones ilustrativas, un aparato capaz de llevar a cabo el método 600 (por ejemplo, implementado en el dispositivo 120 de red) puede comprender medios para realizar las etapas respectivas del método 600. Los medios pueden implementarse de cualquier forma adecuada. Por ejemplo, los medios pueden implementarse en circuitería o en un módulo de software.

10 En algunas realizaciones ilustrativas, 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, indicando la primera indicación componentes espaciales asociados con un coeficiente objetivo en una matriz que comprende un conjunto de combinación lineal distinta de cero coeficientes para cuantificar un canal entre el dispositivo terminal y el dispositivo de red, teniendo la matriz los componentes espaciales y los componentes de frecuencia y medios para determinar la información de estado del canal basándose en la información de control de enlace ascendente.

15 La Figura 7 es un diagrama de bloques simplificado de un dispositivo 700 que es adecuado para implementar realizaciones de la presente descripción. El dispositivo 700 se puede proporcionar para implementar el dispositivo de comunicación, por ejemplo, el dispositivo terminal 120 y el dispositivo 110 de red como se muestra en la Figura 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.

20 El TX/RX 740 sirve para realizar 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.

25 El procesador 710 puede ser de cualquier tipo adecuado para la red técnica local, y puede incluir uno o más de los siguientes: ordenadores de propósito general, ordenadores especializados, microprocesadores, procesadores de señales digitales (DSP) y procesadores basados en una arquitectura de procesador de múltiples núcleos, como ejemplos no limitativos. El dispositivo 700 puede tener múltiples procesadores, tales como un chip de circuito integrado específico de la aplicación que depende en el tiempo de un reloj que sincroniza el procesador principal.

30 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 724 de solo lectura (ROM), 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. Ejemplos de las memorias volátiles incluyen, pero no se limitan a, una memoria 722 de acceso aleatorio (RAM) y otras memorias volátiles que no durarán la duración del apagado.

35 Un programa informático 730 incluye instrucciones ejecutables por ordenador que son ejecutadas 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.

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

45 En algunas realizaciones, el programa 730 puede estar contenido de manera tangible en un medio legible por ordenador que puede estar incluido en el dispositivo 700 (tal como en la memoria 720) u otros dispositivos de almacenamiento a los que puede acceder el dispositivo 700. El dispositivo 700 puede cargar el programa 730 desde el medio legible por ordenador a la RAM 722 para su ejecución. El medio legible por ordenador puede incluir cualquier tipo de almacenamiento no volátil tangible, como ROM, EPROM, una memoria flash, un disco duro, CD, DVD y similares. La Figura 8 muestra un ejemplo del medio 800 legible por ordenador en forma de CD o DVD. El medio legible por ordenador tiene el programa 730 almacenado en el mismo.

50 De forma general, pueden implementarse diversas realizaciones de la descripción en hardware o en circuitos, software, lógicos especializados o en cualquier combinación de los mismos. Algunos aspectos pueden implementarse en hardware, mientras que otros aspectos pueden implementarse en firmware o software que pueda ser ejecutado por un controlador, un microprocesador u otro dispositivo informático. Si bien varios aspectos de las realizaciones de la presente descripción se ilustran y describen como diagramas de bloques, diagramas de flujo o utilizando alguna otra representación gráfica, debe entenderse que el bloque, el aparato, el sistema, la técnica o el método descritos en la presente memoria pueden implementarse, como ejemplos no limitativos, en hardware, software, firmware, circuitos o lógica de propósito especial, hardware o controlador de propósito general u otros dispositivos informáticos, o alguna combinación de los mismos.

65

La presente descripción también proporciona al menos un producto de programa informático almacenado de forma tangible en un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio. El producto de programa informático incluye instrucciones ejecutables por ordenador, tales como las incluidas en módulos de programa, que se ejecutan en un dispositivo en un procesador real o virtual objetivo, para llevar a cabo los métodos 500 y 600 descritos anteriormente con referencia a las Figuras 2 a 4. De forma general, los módulos de programa incluyen rutinas, programas, librerías, objetos, clases, componentes, estructuras de datos o similares que realizan tareas particulares o aplican tipos de datos abstractos particulares. La funcionalidad de los módulos de programa puede combinarse en, o dividirse entre, módulos de programa como se desee en diversas realizaciones. Las instrucciones ejecutables por máquina para módulos de programa pueden ejecutarse dentro de un dispositivo local o distribuido. En un dispositivo distribuido, los módulos de programa pueden estar situados tanto en medios de almacenamiento locales como en medios de almacenamiento remotos.

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 pueden proporcionarse a un procesador o controlador de un ordenador universal, ordenador especializado u otro aparato de procesamiento de datos programable, de modo que los códigos de programa, cuando son ejecutados por el procesador o controlador, hagan que se implementen las funciones/operaciones especificadas en los diagramas de flujo y/o en los diagramas de bloques. 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 remota o en un servidor.

En el contexto de la presente descripción, los códigos de programa informático o los datos relacionados pueden ser portados por cualquier soporte adecuado para permitir que el dispositivo, el aparato o el procesador realicen diversos procesos y operaciones como los descritos anteriormente. Ejemplos de soporte incluyen una señal, medio legible por ordenador y similares.

El medio legible por ordenador puede ser un medio de señal legible por ordenador o un medio de almacenamiento legible por ordenador. El medio legible por ordenador puede ser, por ejemplo, aunque no de forma limitativa, un sistema, aparato o dispositivo eléctrico, magnético, óptico, electromagnético, infrarrojo o semiconductor, o cualquiera combinación adecuada de los anteriores. Ejemplos más específicos del medio de almacenamiento legible por ordenador incluirían una conexión eléctrica que tenga uno o más cables, un disquete de ordenador portátil, un disco duro, una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solo lectura (ROM), una memoria de solo lectura programable y borrable (EPROM, o memoria flash), una fibra óptica, una memoria de solo lectura de disco compacto portátil (CD-ROM), un dispositivo de almacenamiento óptico, un dispositivo de almacenamiento magnético o cualquier combinación adecuada de los anteriores.

Además, aunque las operaciones se representan en un orden particular, no debe entenderse que se requiera que tales operaciones se realicen en el orden particular mostrado o en orden secuencial, o que se realicen todas las operaciones ilustradas, para lograr resultados deseables. En ciertas circunstancias pueden ser ventajosos la multitarea y el procesamiento en paralelo. De igual modo, aunque las explicaciones anteriores contienen varios detalles específicos de implementación, éstos no deben interpretarse como limitaciones del ámbito de la presente descripción, sino más bien como descripciones de características que pueden ser específicas de realizaciones particulares. Ciertas características que se describen en el contexto de realizaciones independientes también pueden implementarse en combinación en una única realización. Por el contrario, diversas características que se describen en el contexto de una sola realización también pueden implementarse en múltiples realizaciones por separado o en cualquier subcombinación adecuada.

Aunque la presente descripción se haya descrito en lenguajes específicos para características estructurales y/o actos metodológicos, debe entenderse que la presente invención definida en las reivindicaciones adjuntas no se limita necesariamente a las características o actos específicos descritos anteriormente. Más bien, las características y actos específicos descritos anteriormente se describen como formas ilustrativas de implementar las reivindicaciones.

## REIVINDICACIONES

1. Un método, que comprende:

5 determinar (510), en un dispositivo terminal (120), una matriz  $\tilde{W}_2$  que comprende coeficientes de combinación lineal para una matriz de indicadores de matriz precodificadora PMI, en donde:

$$W = W_1 \tilde{W}_2 W_f^H,$$

la matriz PMI está representada por

10 la matriz  $W_1$  es una matriz de tamaño  $2N_1N_2 \times 2L$  y representa componentes de una base ortogonal en el dominio espacial de tamaño  $2L$ , la matriz  $W_f$  es una matriz de tamaño  $N_3 \times M$  y representa componentes de una base ortogonal en el dominio de frecuencia de tamaño  $M$ , y la matriz  $\tilde{W}_2$  es una matriz de tamaño  $2L \times M$  y tiene filas y columnas correspondientes a componentes espaciales y componentes de frecuencia, respectivamente; y en donde  $N_1 \times N_2$  es el número de puertos de antena,  $N_3$  es el número de subbandas PMI configuradas y  $M$  es menor que  $N_3$ ;

15

**caracterizado por**

20 determinar una matriz desplazada al desplazar (520) los componentes de frecuencia de la matriz  $\tilde{W}_2$  circularmente, de modo que un coeficiente máximo de la matriz  $\tilde{W}_2$  se encuentre en un componente de frecuencia con un índice predeterminado;  
 generar (530) un indicador de coeficiente más fuerte con bits  $\lceil \log_2 2L \rceil$ , basándose en el índice del componente espacial asociado con el coeficiente máximo de la matriz  $\tilde{W}_2$ ; y  
 25 transmitir (540), a un dispositivo (110) de red, información de control de enlace ascendente que comprende el indicador de coeficiente más fuerte y ubicaciones y valores de coeficientes distintos de cero de la matriz desplazada, en donde los coeficientes distintos de cero transmitidos excluyen el coeficiente máximo.

25

2. El método de la reivindicación 1, en donde determinar la matriz  $\tilde{W}_2$  comprende:

30 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 basándose en la información de control de enlace descendente y la indicación de recursos.

35

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

40 determinar índices de los componentes de frecuencia;  
 determinar un índice de referencia a partir de los índices de los componentes de frecuencia, indicando el índice de referencia un componente de frecuencia asociado con el coeficiente máximo 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.

45

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

determinar, basándose en la matriz desplazada, un mapa de bits que indica las ubicaciones de los coeficientes de combinación lineal distintos de cero en la matriz desplazada; y  
 50 transmitir la información de control de enlace ascendente que comprende el mapa de bits.

50

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

55 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;  
 transmitir la información de control de enlace ascendente que comprende la segunda indicación.

55

6. El método de la reivindicación 5, en donde generar la segunda indicación comprende:

60 determinar, a partir de los componentes de frecuencia, un componente de frecuencia máximo asociado con el índice predeterminado;  
 seleccionar, de los componentes de frecuencia, el subconjunto de los componentes de frecuencia excluyendo el componente de frecuencia máxima;  
 65 determinar los índices del subconjunto de los componentes de frecuencia después del desplazamiento; y

65

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

7. Un método, que comprende:

recibir (610), en un dispositivo (110) de red y desde un dispositivo terminal (120), información de control de enlace ascendente que comprende un indicador de coeficiente más fuerte y ubicaciones y valores de coeficientes distintos de cero de una matriz  $\tilde{W}_2$  para una matriz de indicadores de matriz precodificadora PMI, en donde:

$$W = W_1 \tilde{W}_2 W_f^H,$$

la matriz PMI está representada por

la matriz  $W_1$  es una matriz de tamaño  $2N_1N_2 \times 2L$  y representa componentes de una base ortogonal en el dominio espacial de tamaño  $2L$ , la matriz  $W_f$  es una matriz de tamaño  $N_3 \times M$  y representa componentes de una base ortogonal en el dominio de frecuencia de tamaño  $M$ , y la matriz  $\tilde{W}_2$  es una matriz de tamaño  $2L \times M$  y tiene filas y columnas correspondientes a componentes espaciales y componentes de frecuencia, respectivamente, en donde  $N_1 \times N_2$  es el número de puertos de antena,  $N_3$  es el número de subbandas PMI configuradas y  $M$  es menor que  $N_3$ , y en donde los coeficientes distintos de cero recibidos excluyen un coeficiente máximo;

**caracterizado por que**

el indicador de coeficiente más fuerte recibido con bits  $\lceil \log_2 2L \rceil$  se basa en el índice de un componente espacial asociado con un coeficiente máximo de la matriz  $\tilde{W}_2$ , y **por que** el método comprende:

determinar (620) la información de estado del canal, en donde un coeficiente de la matriz  $\tilde{W}_2$ , en una posición con el componente espacial indicado por el indicador de coeficiente más fuerte y con un componente de frecuencia determinado por un índice predeterminado, asume un valor preconfigurado obtenido aplicando una escala común a los coeficientes de la matriz  $\tilde{W}_2$ .

8. Un dispositivo terminal (120), que comprende:

al menos un procesador; y

al menos una memoria que incluye códigos de programas informáticos;

la al menos una memoria y los códigos de programas informáticos configurados están configurados para, con el al menos un procesador, hacer que el dispositivo terminal al menos:

determine una matriz  $\tilde{W}_2$  que comprende coeficientes de combinación lineal, para una matriz de indicadores de matriz precodificadora PMI, en donde:

$$W = W_1 \tilde{W}_2 W_f^H,$$

la matriz PMI está representada por

la matriz  $W_1$  es una matriz de tamaño  $2N_1N_2 \times 2L$ , representa componentes de una base ortogonal en el dominio espacial de tamaño  $2L$ , la matriz  $W_f$  es una matriz de tamaño  $N_3 \times M$  y representa componentes de una base ortogonal en el dominio de frecuencia de tamaño  $M$ , y la matriz  $\tilde{W}_2$  es una matriz de tamaño  $2L \times M$  y tiene filas y columnas correspondientes a componentes espaciales y componentes de frecuencia, respectivamente; y en donde  $N_1 \times N_2$  es el número de puertos de antena,  $N_3$  es el número de subbandas PMI configuradas y  $M$  es menor que  $N_3$ ;

**caracterizado por que** se hace que el dispositivo terminal

determine una matriz desplazada al desplazar los componentes de frecuencia de la matriz  $\tilde{W}_2$  circularmente, de modo que un coeficiente máximo de la matriz  $\tilde{W}_2$  se encuentre en un componente de frecuencia con un índice predeterminado;

genere un indicador de coeficiente más fuerte con bits  $\lceil \log_2 2L \rceil$ , basándose en el índice del componente espacial asociado con el coeficiente máximo de la matriz  $\tilde{W}_2$ ; y

transmita, a un dispositivo (110) de red, información de control de enlace ascendente que comprende el indicador de coeficiente más fuerte y ubicaciones y valores de coeficientes distintos de cero de la matriz desplazada, en donde los coeficientes distintos de cero transmitidos excluyen el coeficiente máximo.

9. El dispositivo terminal de la reivindicación 8, se hace que el dispositivo determine la matriz  $\tilde{W}_2$  al:

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 basándose en la información de control de enlace descendente y la indicación de recursos.

10. El dispositivo terminal de la reivindicación 8, se hace que el dispositivo desplace los componentes de frecuencia al:
- 5                   determinar índices de los componentes de frecuencia;  
determinar un índice de referencia a partir de los índices de los componentes de frecuencia, indicando el índice de referencia un componente de frecuencia asociado con el coeficiente máximo en la matriz;  
10                   desplazar los componentes de frecuencia basándose en los índices de los componentes de frecuencia, el índice predeterminado y el índice de referencia.
11. El dispositivo terminal de la reivindicación 8, se hace además que el dispositivo:
- 15                   determine, basándose en la matriz desplazada, un mapa de bits que indica las ubicaciones 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.
12. El dispositivo terminal de la reivindicación 8, se hace además que el dispositivo:
- 20                   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 componentes de frecuencia;  
transmita la información de control de enlace ascendente que comprende la segunda indicación.
- 25 13. El dispositivo terminal de la reivindicación 12, se hace que el dispositivo genere la segunda indicación al:
- determinar, a partir de los componentes de frecuencia, un componente de frecuencia máximo asociado con el índice predeterminado;  
seleccionar, de los componentes de frecuencia, el subconjunto de los componentes de frecuencia excluyendo el componente de frecuencia máxima;  
30                   determinar los índices del subconjunto de los componentes de frecuencia después del desplazamiento; y  
generar la segunda indicación basándose en los índices del subconjunto del componente de frecuencia.
- 35 14. Un dispositivo (110) de red, que comprende:
- al menos un procesador; y  
al menos una memoria que incluye códigos de programas informáticos;  
40                   la al menos una memoria y los códigos de programas informáticos están configurados para, con el al menos un procesador, hacer que el dispositivo de red al menos:  
reciba, desde un dispositivo terminal (120), información de control de enlace ascendente que comprende un indicador de coeficiente más fuerte y ubicaciones y valores de coeficientes distintos de cero de una matriz  $\tilde{W}_2$  para una matriz de indicadores de matriz precodificadora PMI, en donde:
- 45                   la matriz PMI está representada por  $W = W_1 \tilde{W}_2 W_f^H$ ,  
la matriz  $W_1$  es una matriz de tamaño  $2N_1 N_2 \times 2L$  y representa componentes de una base ortogonal en el dominio espacial de tamaño  $2L$ , la matriz  $W_f$  es una matriz de tamaño  $N_3 \times M$  y representa componentes de una base ortogonal en el dominio de frecuencia de tamaño  $M$ , y la matriz  $\tilde{W}_2$  es una matriz de tamaño  $2L \times M$  y tiene filas y columnas correspondientes a componentes espaciales y componentes de frecuencia, respectivamente, en donde  $N_1 \times N_2$  es el número de puertos de antena,  $N_3$  es el número de subbandas PMI configuradas y  $M$  es menor que  $N_3$ , y en donde los coeficientes distintos de cero recibidos excluyen un coeficiente máximo;
- 55                   **caracterizado por que**
- el indicador de coeficiente más fuerte recibido con bits  $\lceil \log_2 2L \rceil$  se basa en el índice de un componente espacial asociado con un coeficiente máximo de la matriz  $\tilde{W}_2$ , y **por que** se hace que el dispositivo: determine la información de estado del canal, en donde un coeficiente de la matriz  $\tilde{W}_2$  asume un valor de 1 en una posición determinada por el indicador de coeficiente más fuerte y un índice predeterminado de la matriz  $\tilde{W}_2$ .
- 60 15. Un medio legible por ordenador no transitorio que comprende instrucciones de programa para hacer que un aparato realice al menos el método de cualquiera de las reivindicaciones 1-6.
- 65 16. Un medio legible por ordenador no transitorio que comprende instrucciones de programa para hacer que un aparato realice al menos el método de la reivindicación 7.

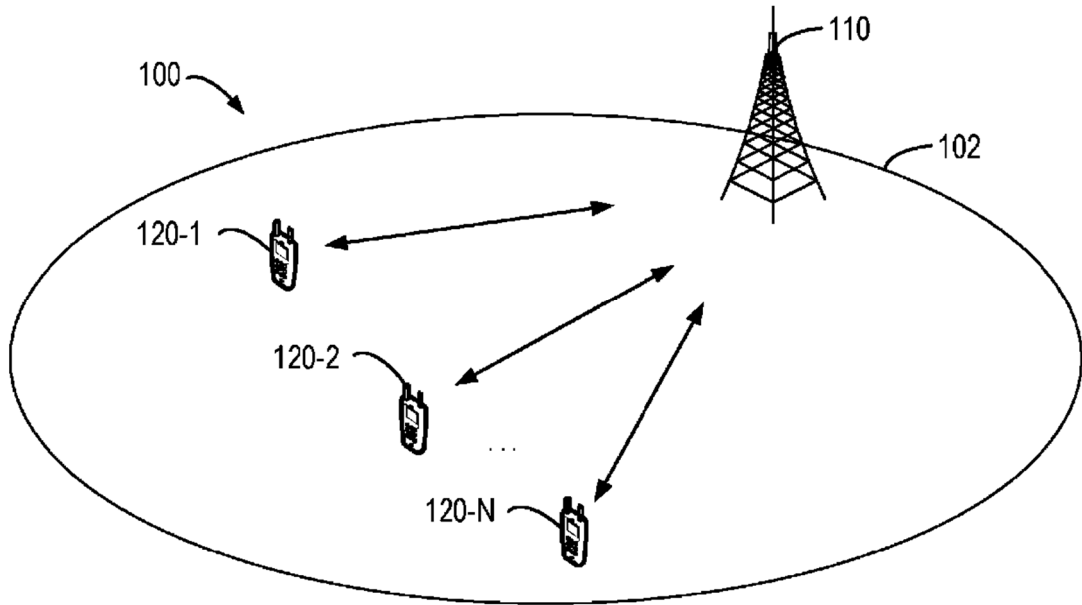


Fig. 1

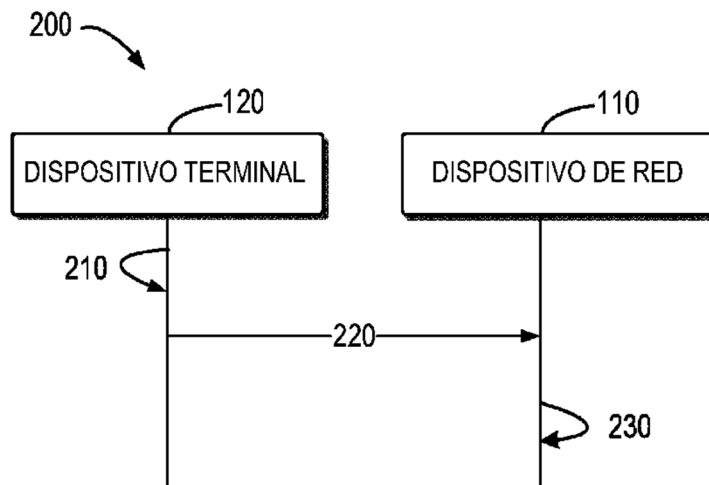


Fig. 2

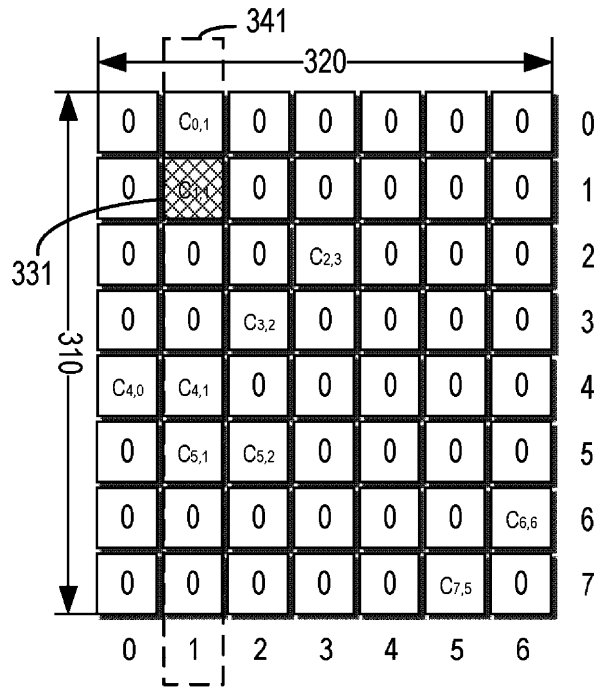


Fig. 3A

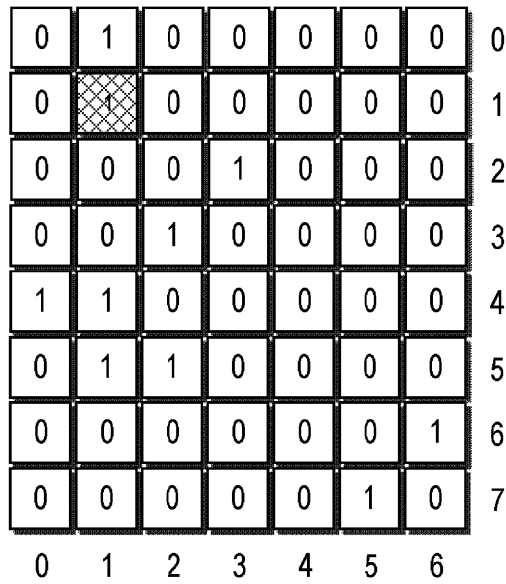


Fig. 3B

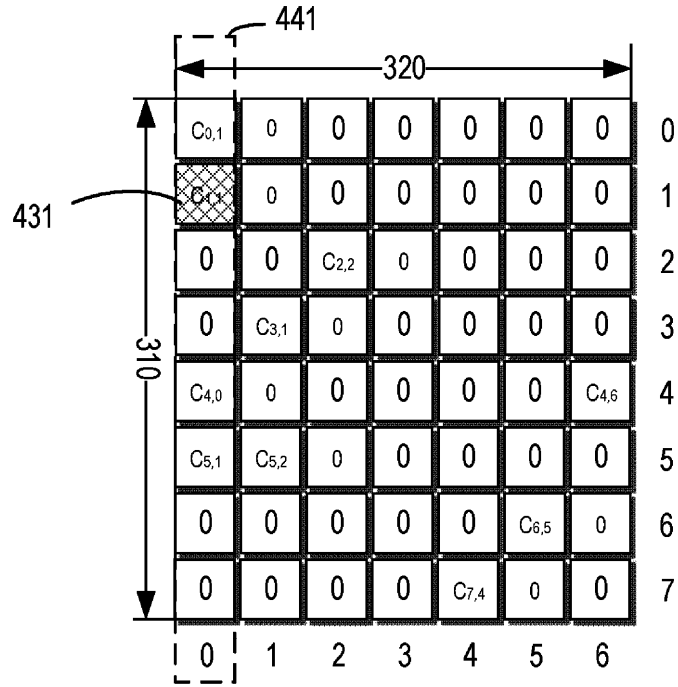


Fig. 4A

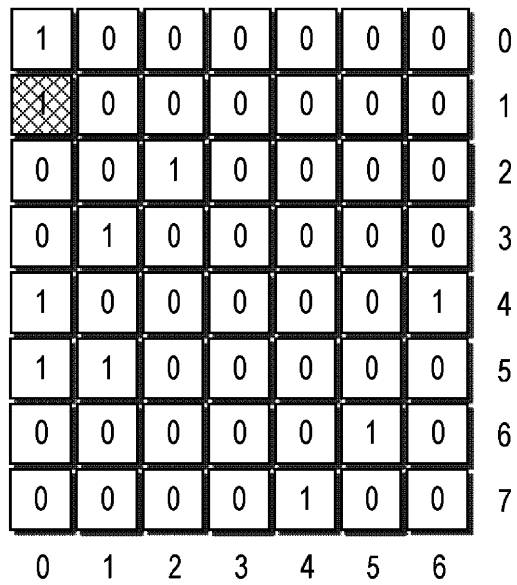
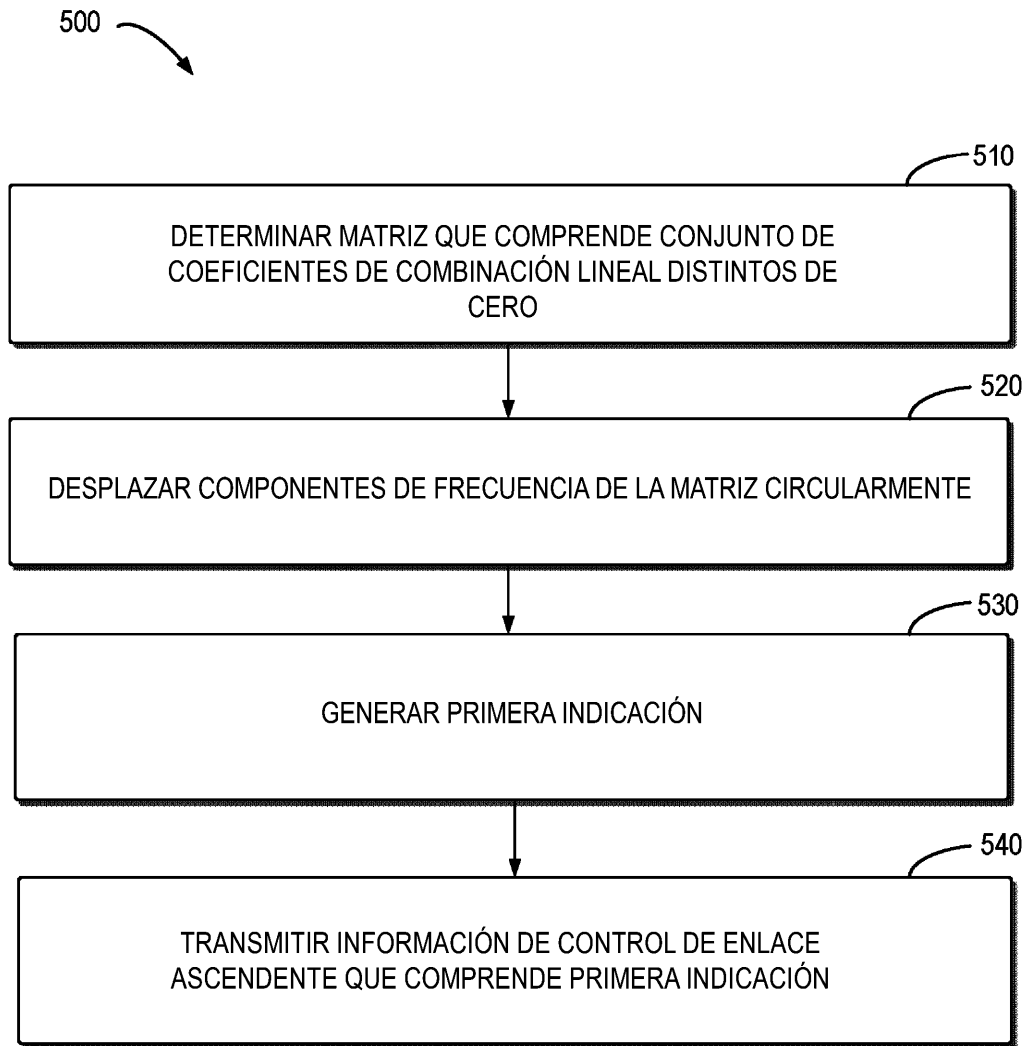
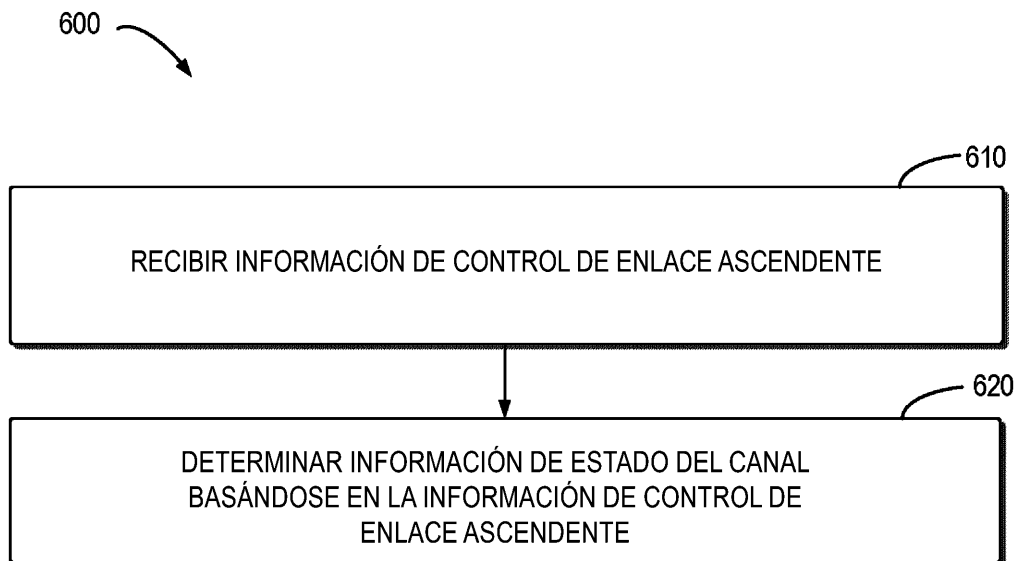


Fig. 4B



**Fig. 5**



**Fig. 6**

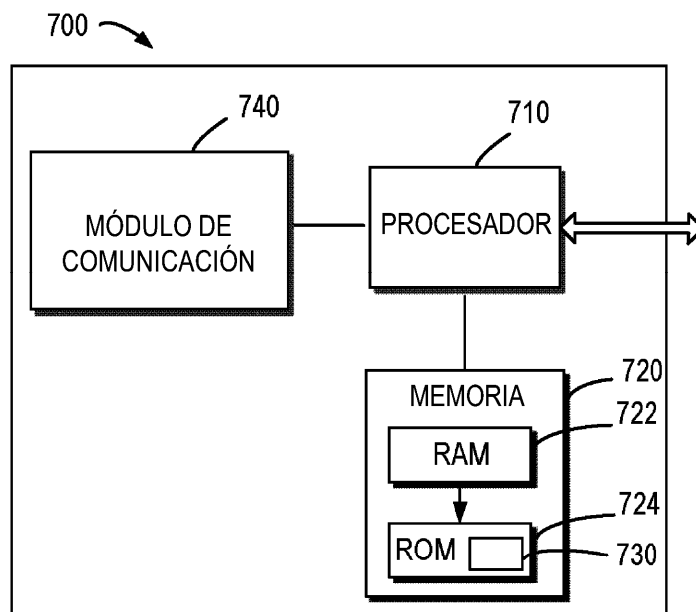


Fig. 7

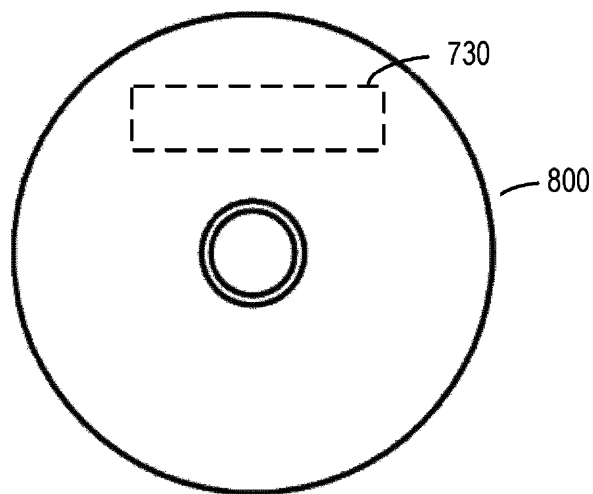


Fig. 8