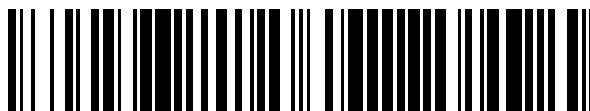


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 952 647**

51 Int. Cl.:

H04B 7/0417 (2007.01)

H04B 7/0456 (2007.01)

H04B 7/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.04.2020** **PCT/EP2020/060397**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.11.2020** **WO20221581**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.04.2020** **E 20717208 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.07.2023** **EP 3963732**

54 Título: **Métodos y aparatos para la mejora sobre la base de la indicación de subconjuntos para notificación de CSI basada en dos libros de códigos**

30 Prioridad:

02.05.2019 EP 19172422

12.08.2019 EP 19191235

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

02.11.2023

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E.V. (100.0%)**

**Hansastr. 27c
80686 München, DE**

72 Inventor/es:

**VENKATESH, RAMIREDDY;
GROSSMANN, MARCUS y
LANDMANN, MARKUS**

74 Agente/Representante:

FERNÁNDEZ POU, Felipe

ES 2 952 647 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

Métodos y aparatos para la mejora sobre la base de la indicación de subconjuntos para notificación de CSI basada en dos libros de códigos

5

Campo técnico

La presente descripción se refiere al campo de las comunicaciones inalámbricas y, en particular, a métodos y aparatos para la notificación de retroalimentación eficiente para al menos un sistema de red de comunicación inalámbrica basado en Nueva Radio (NR), notificación de retroalimentación que incluye Información de Estado de Canal (CSI, por sus siglas en inglés).

10

Antecedentes

En un sistema de comunicaciones inalámbricas, como Nueva Radio, también llamado sistema de comunicaciones inalámbricas de Quinta Generación 3GPP o 5G para abreviar, las señales de enlace descendente (DL, por sus siglas en inglés) y enlace ascendente (UL, por sus siglas en inglés) transmiten señales de datos, señales de control que comprenden información de control DL (DCI, por sus siglas en inglés) y/o información de control de enlace ascendente (UCI, por sus siglas en inglés), y una serie de señales de referencia (RS, por sus siglas en inglés) utilizadas para diferentes propósitos. Un nodo de red de radio o una estación base de radio o un gNodeB (o gNB o gNB/TRP (Punto de Recepción de Transmisión, por sus siglas en inglés)) transmite datos y DCI a través del llamado canal compartido de enlace descendente físico (PDSCH, por sus siglas en inglés) y el canal de control de enlace descendente físico (PDCCH, por sus siglas en inglés), respectivamente.

25

Un UE transmite datos y UCI a través del llamado canal compartido de enlace ascendente físico (PUSCH, por sus siglas en inglés) y el canal de control de enlace ascendente físico (PUCCH, por sus siglas en inglés), respectivamente. Además, la o las señales DL o UL del gNB, respectivamente, el equipo de usuario (UE o un dispositivo de radio) pueden contener uno o varios tipos de RS, incluida una RS de información del estado de canal (CSI-RS, por sus siglas en inglés), una RS de demodulación (DM-RS, por sus siglas en inglés) y una RS de sondeo (SRS, por sus siglas en inglés). La CSI-RS (SRS) se transmite sobre una parte del ancho de banda del sistema DL (UL) y se utiliza en el UE (gNB) para la adquisición de CSI. La DM-RS se transmite solo en una parte del ancho de banda del PDSCH/PUSCH respectivo y es utilizada por el UE/gNB para la demodulación de datos.

30

Una de las muchas características clave de 5G es el uso de esquemas de transmisión de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO, por sus siglas en inglés) para lograr un alto rendimiento del sistema en comparación con generaciones anteriores de sistemas móviles. La transmisión MIMO generalmente exige la disponibilidad de una CSI precisa utilizada en el gNB para una precodificación de señales utilizando una matriz de precodificación de los datos y la información de control. Por lo tanto, la especificación actual de la Versión 15 del Proyecto de Asociación de tercera Generación (3GPP Ver. 15) proporciona un marco integral para la notificación de CSI. La CSI se adquiere en una primera etapa en el UE en función de las señales CSI-RS recibidas transmitidas por el gNB. El UE determina en una segunda etapa, basándose en la matriz de canal estimada, una matriz de precodificación a partir de un conjunto predefinido de matrices denominado "libro de códigos". La matriz de precodificación seleccionada se notifica en una tercera etapa en forma de un identificador de matriz de precodificación (PMI, por sus siglas en inglés) y un identificador de rango (RI, por sus siglas en inglés) al gNB.

35

En la especificación NR Ver.-15 actual existen dos tipos (Tipo-I y Tipo-II) para notificaciones de CSI, donde ambos tipos se basan en un libro de códigos de dos etapas (es decir, dos componentes) $\mathbf{W}_1\mathbf{W}_2$. El primer libro de códigos, o el denominado precodificador de primera etapa, $\mathbf{W}_1$, se utiliza para seleccionar una serie de vectores de haz de una matriz basada en Transformada Discreta de Fourier (basada en DFT, por sus siglas en inglés), que también se denomina libro de códigos espacial. El segundo libro de códigos, o el llamado precodificador de segunda etapa, $\mathbf{W}_2$, se usa para combinar los haces seleccionados. Para notificaciones de CSI de Tipo-I y Tipo-II, $\mathbf{W}_2$ contiene coeficientes de combinación de solo fase y coeficientes de combinación complejos, respectivamente. Además, para notificaciones de CSI de tipo II, $\mathbf{W}_2$ se calcula sobre la base de una subbanda, de modo que el número de columnas de $\mathbf{W}_2$ depende del número de subbandas configuradas. Aquí, una subbanda se refiere a un grupo de bloques de recursos físicos (PRB, por sus siglas en inglés) adyacentes. Aunque el Tipo II proporciona una resolución significativamente más alta que la retroalimentación CSI de Tipo I, un inconveniente importante es el aumento de la sobrecarga de retroalimentación para la notificación de los coeficientes de combinación en una base de subbanda. La sobrecarga de retroalimentación aumenta de forma aproximadamente lineal con el número de subbandas, y se vuelve considerablemente grande para un gran número de subbandas. Para superar la alta sobrecarga de retroalimentación del esquema de notificación de CSI de Tipo-II Ver. 15, recientemente se ha decidido en 3GPP RAN#81 [2] estudiar esquemas de compresión de retroalimentación para el precodificador de segunda etapa $\mathbf{W}_2$.

60

65

Antes de entrar en la descripción detallada de la o las soluciones de las presentes realizaciones, se proporciona una descripción informativa con el fin de comprender mejor los problemas del estado de la técnica, seguida de una descripción de cómo se resuelven dichos problemas de acuerdo con la realizaciones de la presente divulgación.

5

Precodificación de dos etapas 3GPP Ver.-15 y notificación de CSI

Suponiendo una transmisión de rango- r (r puede ser hasta dos) y un conjunto de antenas de doble polarización en el gNB con configuración $(N_1, N_2 \times 2)$, el precodificador de doble etapa Ver. 15 para el informe CSI para la s -ésima subbanda está dado por:

10

$$\mathbf{W}(s) = \mathbf{W}_1 \mathbf{w}_2(s),$$

$$= \mathbf{W}_1 \mathbf{W}_A \hat{\mathbf{w}}_2(s)$$

donde la matriz de precodificación $\mathbf{W}$ tiene $2N_1N_2$ filas correspondientes al número de puertos de antena, y S

15 columnas para la notificación de subbandas/PRB. La matriz $\mathbf{W}_1^{(l)} \in \mathbb{C}^{PN_1N_2 \times 2U}$ es el precodificador de primera etapa de banda ancha que contiene $2U$ haces espaciales para ambas polarizaciones, que son idénticos para todas las S subbandas, y $\mathbf{W}_A$ es una matriz diagonal que contiene $2U$ amplitudes de banda ancha asociadas con los $2U$ haces espaciales, y $\mathbf{w}_2(s)$ es el precodificador de segunda etapa que contiene coeficientes de combinación de dominio de la frecuencia complejos de subbanda $2U$ (amplitud y fase de subbanda) asociados con los haces espaciales $2U$ para la s -ésima subbanda.

20

Según el estado de la técnica [1], la notificación y cuantificación de la matriz de amplitud de banda ancha $\mathbf{W}_A$ y los coeficientes de combinación de subbanda en $\mathbf{w}_2(s)$ se cuantifican y notifican de la siguiente manera:

25 - No se notifica la amplitud de banda ancha correspondiente al haz más fuerte que tiene un valor de amplitud de 1. Los valores de amplitud de banda ancha asociados con los $2U - 1$ haces restantes se notifican cuantificando cada valor de amplitud con 3 bits.

30 - Los valores de amplitudes y fase de subbanda de los coeficientes asociados con el primer haz principal no se notifican (se supone que son iguales a 1 y 0).

- Para cada subbanda, las amplitudes de los B coeficientes asociados con los primeros $B - 1$ haces principales (distintos del primer haz principal) se cuantifican con 1 bit (niveles de cuantificación $[\sqrt{0.5}, 1]$). Los valores de amplitud de los $2U - B$ haces restantes no se notifican (se supone que son iguales a 1).

35

- Para cada subbanda, los valores de fase de los $B - 1$ coeficientes asociados con los primeros $B - 1$ haces principales (distintos del primer haz principal) se cuantifican con 3 bits. Los valores de fase de los $2U - B$ haces restantes se cuantifican con 2 bits.

40 - El número de haces principales para los que se notifica la amplitud de subbanda está dado por $B = 4, 4$ o 6 cuando el número total de haces espaciales U configurados = $2, 3$ o 4 , respectivamente.

45 El estado de la técnica BORRADOR 3GPP; R1-1813130, (11 de noviembre de 2018) de FRAUNHOFER IIS ET AL: " Enhancements on Type-II CSI reporting" analiza un marco flexible para la compresión de retroalimentación basada en la transformación del dominio de retardo mediante precodificación y notificación de CSI en el dominio de retardo.

El estado de la técnica BORRADOR 3GPP; R1-1901286, (21 de enero de 2019) de MEDIATEK INC., analiza la mejora de CSI para MIMO multiusuario (MU-MIMO).

50

El estado de la técnica BORRADOR 3GPP, R1-1903343, (22 de febrero de 2019) de ZTE, analiza la mejora de CSI para soporte MU-MIMO.

55 El estado de la técnica BORRADOR 3GPP, R1-1904662, (7 de abril de 2019) de NEC, describe un análisis sobre la notificación de CSI en NR.

El estado de la técnica BORRADOR 3GPP, R1-1904965, (30 de marzo de 2019), de NTT DOCOMO, analiza la mejora de CSI de tipo II para soporte MU-MIMO.

60 El estado de la técnica BORRADOR 3GPP, R1-1905724, (15 de abril de 2019), de Samsung, describe un resumen principal de características para MU-MIMO CSI para NR.

Compendio

En vista de los inconvenientes anteriormente descritos, se proporciona un dispositivo de comunicación o un dispositivo de radio o un equipo de usuario (UE, por sus siglas en inglés) y un método en el mismo para proporcionar una retroalimentación de información de estado de canal (CSI) en un sistema de comunicación inalámbrica que incluye al menos el UE y un gNB o un nodo de red de radio. Comprendiendo el UE un procesador y una memoria, conteniendo dicha memoria instrucciones ejecutables por dicho procesador, por lo que dicho UE está operativo/configurado para realizar una cualquiera de las etapas de método según una cualquiera de las reivindicaciones 1-11.

También se proporciona un nodo de red o gNB que comprende un procesador y una memoria, conteniendo dicha memoria instrucciones ejecutables por dicho procesador, por lo que dicho gNB está operativo/configurado para realizar etapas de método tal como se describirán.

De acuerdo con un aspecto de realizaciones ejemplares de la presente memoria, el método realizado por el UE incluye: recibir desde un nodo de red, gNB, una señal de radio a través de un canal de Entrada Múltiple y Salida Múltiple (MIMO), en donde la señal de radio contiene al menos una señal de referencia de Enlace Descendente (DL) según una configuración de señal de referencia de DL; estimar dicho canal MIMO sobre la base de dicha al menos una señal de referencia DL recibida para subbandas configuradas (N_3); calcular una matriz de precodificación o una matriz de Información de Estado de Canal (CSI) para varios puertos de antena del gNB y subbandas configuradas; estando basada la matriz de precodificación en un primer libro de códigos y en un segundo libro de códigos y un conjunto de coeficientes de combinación para escalar/combinar de forma compleja uno o más vectores seleccionados entre el primer libro de códigos y el segundo libro de códigos; donde el primer libro de códigos contiene uno o más componentes de haz espacial del lado de transmisión de la matriz de precodificación, el segundo libro de códigos contiene uno o más componentes de retardo de la matriz de precodificación o matriz CSI. El método comprende además determinar un subconjunto base de dominio de retardo común (CDD, por sus siglas en inglés) de los vectores seleccionados asociados con los componentes de retardo en todas las capas de la matriz de precodificación o matriz CSI, en donde el subconjunto base de CDD se define mediante un parámetro D que representa el número de elementos del subconjunto base de CDD, y un parámetro D_{in} que representa el primer índice de los D vectores de retardo del segundo libro de códigos, en donde el intervalo de valores del parámetro D_{in} se reduce de N_3 a D valores; y notificar, al gNB, una notificación de retroalimentación CSI y/o un Indicador de matriz de Precodificación, PMI y/o un PMI/Indicador de Rango (PMI/RI) utilizado para indicar la matriz de precodificación o la matriz CSI para los puertos de antena configurados y subbandas configuradas; en donde los vectores seleccionados entre el subconjunto base CDD se indican en la notificación, para cada capa, mediante un indicador de subconjunto base de dominio de retardo específico de capa (LDD, por sus siglas en inglés); y el parámetro $\overline{D}_{in}$ se notifica al gNB.

De acuerdo con otro aspecto se proporciona un método realizado por un nodo de red o un gNB, comprendiendo el método: transmitir, a un UE, una señal de radio a través de un canal MIMO, en donde la señal de radio contiene al menos un DL, señal de referencia según una configuración de señal de referencia DL; para permitir al UE: estimar dicho canal MIMO sobre la base de dicha al menos una señal de referencia DL recibida para subbandas configuradas, N_3 , calcular una matriz de precodificación o una matriz CSI para varios puertos de antena del gNB y subbandas configuradas; estando basada la matriz de precodificación en un primer libro de códigos y en un segundo libro de códigos y un conjunto de coeficientes de combinación para escalar/combinar de forma compleja uno o más vectores seleccionados entre el primer libro de códigos y el segundo libro de códigos; donde el primer libro de códigos contiene uno o más componentes de haz espacial del lado de transmisión de la matriz de precodificación o matriz CSI, el segundo libro de códigos contiene uno o más componentes de retardo de la matriz de precodificación o matriz CSI; determinar un subconjunto base de CDD de los vectores seleccionados asociados con los componentes de retardo en todas las capas de la matriz de precodificación o matriz CSI, en donde el subconjunto base de CDD está definido por un parámetro D que representa el número de elementos del subconjunto base de CDD, y un parámetro D_{in} que representa el primer índice de los D vectores de retardo del segundo libro de códigos, en donde el intervalo de valores del parámetro D_{in} se reduce de valores N_3 a D ; y recibir, desde el UE, una notificación de retroalimentación de CSI y/o un PMI/RI, usado para indicar la matriz de precodificación o la matriz CSI para los puertos de antena configurados y las subbandas configuradas; en donde los vectores seleccionados del subconjunto base de CDD se indican en la notificación, para cada capa, mediante un indicador de subconjunto base de LDD; y el parámetro D_{in} se notifica al gNB.

Una ventaja de las realizaciones de la presente memoria consiste en proporcionar un esquema de compresión de retroalimentación para un precodificador de segunda etapa que reduce la sobrecarga de retroalimentación para notificar los coeficientes de precodificador.

Otra ventaja de las presentes realizaciones consiste en proporcionar varios esquemas para notificaciones de sobrecarga de retroalimentación baja para indicadores de base de dominio espacial y dominio de retardo y

coeficientes de combinación de dominio de retardo.

Algunas ventajas adicionales se describirán y explicarán en detalle en la parte de descripción de esta divulgación.

5

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1A ilustra un ejemplo de configuración de subconjuntos base de CDD.

10 La Figura 1B ilustra otro ejemplo de configuración de subconjuntos base de CDD.

La Figura 2 ilustra un diagrama de flujo de un método realizado por un UE según algunas realizaciones de la presente memoria.

15 La Figura 3 ilustra un ejemplo de subconjunto base CDD seleccionado de tamaño $D = 8$ con $D_{in} = 22$.

La Figura 4 ilustra la distribución de los D_{in} valores seleccionados para $N_3 = 26$, $D = 8$ y $D = 4$, Vr para una transmisión de rango 4.

20 La Figura 5 es un diagrama de bloques ejemplar que representa un UE según realizaciones ejemplares de la presente memoria.

Descripción detallada

25 Como se ha descrito anteriormente, las realizaciones de la presente memoria proporcionan un esquema de compresión de retroalimentación para el precodificador de segunda etapa W_2 que reduce drásticamente la sobrecarga de retroalimentación para notificar, por parte del UE, los coeficientes del precodificador.

30 El UE comprende un transceptor que está configurado para recibir de un transmisor una señal de radio a través de un canal MIMO, donde la señal de radio contiene señales de referencia DL (por ejemplo, CSI-RS) de acuerdo con una configuración de señal de referencia DL, y el UE, por medio de un procesador, está operativo para: estimar el canal MIMO entre el gNB y el UE sobre la base de las señales de referencia DL recibidas para las subbandas configuradas, calcular, sobre la base de una métrica de ejecución, una matriz de precodificación o una matriz CSI, para un número de puertos gNB de antena/DL RS y subbandas configuradas, que se basa
35 en dos libros de códigos y un conjunto de coeficientes de combinación para escalar/combinar de forma compleja uno o más de los vectores seleccionados entre el primer y el segundo libros de códigos, donde el primer libro de códigos contiene uno o más componentes de haz espacial del lado de transmisión de la matriz CSI, y el segundo libro de códigos contiene uno o más componentes de retardo de la matriz CSI, y notificar la retroalimentación CSI/PMI y RI para indicar la matriz CSI de matriz de precodificación por capa para los puertos
40 y subbandas de antena/DL-RS configurados.

A lo largo de la presente divulgación, la matriz de precodificación y la matriz CSI se usan indistintamente, lo que significa que son equivalentes.

45 De acuerdo con algunas realizaciones, el primer libro de códigos comprende una matriz DFT o una matriz DFT sobremuestreada de tamaño $N_1 N_2 \times O_{1,1} N_1 O_{1,2} N_2$ que contiene los componentes de haz espacial ($N_1 N_2 \times 1$ vectores) de la matriz de precodificación. Aquí, N_1 y N_2 se refieren al número de puertos de antena de la misma polarización en la primera y segunda dimensiones del conjunto de antenas, respectivamente. En general, para un conjunto de antenas bidimensional (2D), N_1 y N_2 son ambos mayores que 1, mientras que para un sistema
50 lineal (1D (unidimensional)) N_1 o N_2 es uno. El número total de puertos de antena para un conjunto de antenas de doble polarización es $2N_1 N_2$. Además, $O_{1,1} \in \{1, 2, 3, \dots\}$ y $O_{1,2} \in \{1, 2, 3, \dots\}$ se refieren a los factores de sobremuestreo de la matriz de libro de códigos con respecto a la primera y segunda dimensión, respectivamente.

55 El primer libro de códigos comprende un conjunto de $P_{CSI-RS}/2 \times 1$ vectores de columna, donde el m-ésimo vector de columna contiene un solo 1 en la m-ésima posición del vector y ceros en cualquier otro lugar. Aquí, el parámetro P_{CSI-RS} indica el número total de puertos CSI-RS utilizados por el UE para la estimación del canal y el cálculo del coeficiente de precodificador. Este libro de códigos puede denominarse libro de códigos de selección de puerto y se utiliza cuando el gNB realiza una operación de formación de haces de modo que cada
60 puerto de antena corresponde a un puerto formado por haces. El parámetro P_{CSI-RS} puede ser configurado en una capa superior por el gNB, por ejemplo utilizando una señalización RRC (Control de Recursos Radioeléctricos, por sus siglas en inglés).

65 El segundo libro de códigos comprende una segunda DFT, o matriz de libro de códigos DFT sobremuestreada de tamaño $N_3 \times N_3 O_2$ que contiene los componentes de retardo (representados por $N_3 \times 1$ vectores DFT) de la matriz de precodificación, donde N_3 se refiere al número configurado de subbandas, y O_2 se refiere al factor de

sobremuestreo $O_2 = 1, 2, \dots$ de la segunda matriz de libro de códigos. Cada vector DFT modela un aumento de fase lineal sobre las N_3 subbandas y, por lo tanto, cada vector está asociado con un retardo en el dominio transformado (retardo). Por lo tanto, en lo sucesivo, los vectores DFT del segundo libro de códigos se denominan vectores de retardo o simplemente retardos, y los coeficientes de combinación se utilizan para

5 escalar/combinar de forma compleja uno o más de los vectores seleccionados del primer y el segundo libros de códigos como coeficientes de combinación del dominio de retardo.

De acuerdo con la realización, el UE está configurado para determinar un indicador de rango (RI) a partir de la estimación de canal MIMO y para configurar la matriz CSI (o matriz de precodificación) con capas RI. Para la

10 l -ésima capa de matriz CSI, el UE puede configurarse para seleccionar un subconjunto de $U^{(l)}$ vectores de haz del primer libro de códigos, un subconjunto de $D^{(l)}$ vectores de retardo del segundo libro de códigos y $2U^{(l)}D^{(l)}$ coeficientes de combinación, e indicar en la notificación de CSI el RI seleccionado y los vectores de haz y retardo seleccionados y los coeficientes de combinación de la matriz CSI.

15 De acuerdo con algunas realizaciones, el UE está configurado para notificar para cada capa de la matriz CSI un indicador de base de dominio espacial (SD, por sus siglas en inglés) que indica el subconjunto seleccionado de $U^{(l)}$ vectores de haz de la l -ésima capa y un indicador de base de dominio de retardo (DD, por sus siglas en inglés) que indica el subconjunto seleccionado de $D^{(l)}$ vectores de retardo de la l -ésima capa.

20 De acuerdo con una realización, la matriz CSI utilizada para la notificación de CSI (PMI) para los $2N_1N_2$ (o P_{CSI-RS}) puertos de antena/DL-RS configurados y las N_3 subbandas configuradas puede representarse para la primera polarización de los puertos de antena y la l -ésima capa de transmisión como

$$\mathbf{G}_1^{(l)} = \alpha^{(l)} \sum_{u=0}^{U^{(l)}-1} \mathbf{b}_u^{(l)} \sum_{d=0}^{D^{(l)}-1} \gamma_{1,u,d}^{(l)} \mathbf{d}_d^{(l)H},$$

25 y para la segunda polarización de los puertos de antena y la l -ésima capa de transmisión como

$$\mathbf{G}_2^{(l)} = \alpha^{(l)} \sum_{u=0}^{U^{(l)}-1} \mathbf{b}_u^{(l)} \sum_{d=0}^{D^{(l)}-1} \gamma_{2,u,d}^{(l)} \mathbf{d}_d^{(l)H},$$

30 Donde $\mathbf{b}_u^{(l)}$ ($u = 0, \dots, U^{(l)} - 1$) representa el u -ésimo vector de haz espacial para la l -ésima capa seleccionado entre el primer libro de códigos, $\mathbf{d}_d^{(l)}$ ($d = 0, \dots, D^{(l)} - 1$) es el d -ésimo vector de retardo

asociado con la l -ésima capa seleccionado entre el segundo libro de códigos, $\gamma_{p,u,d}^{(l)}$ es el coeficiente de combinación del dominio de retardo complejo asociado con el u -ésimo haz, d -ésimo retardo y p -ésima polarización, $U^{(l)}$ representa el número de vectores de haz espacial, $D^{(l)}$ representa el número de vectores de retardo, y $\alpha^{(l)}$ es una magnitud escalar de normalización.

35 En contraste con la notificación de CSI de libro de códigos único 3GPP Versión 15 Tipo-II, el esquema de notificación de CSI de libro de códigos doble propuesto en la presente memoria (basado en matrices $\mathbf{G}_1^{(l)}$ y $\mathbf{G}_2^{(l)}$) se basa en operaciones de precodificación en el dominio de retardo en lugar del dominio de frecuencia.

40 De esta manera, el UE puede aprovechar la escasez de las $2U^{(l)}$ respuestas de impulso de canal formadas por haz (obtenidas al combinar los vectores de haz seleccionados $\mathbf{b}_u^{(l)}$ y la respuesta de impulso de canal MIMO) al optimizar los coeficientes de combinación del dominio de retardo $\gamma_{p,u,d}^{(l)}$.

45 Nótese que la operación de precodificación (mediante vectores $\mathbf{b}_u^{(l)}$ y $\mathbf{d}_d^{(l)}$) conduce a una concentración de energía del impulso de canal MIMO en las dimensiones tanto en el dominio del espacio como en el dominio de retardo, de modo que cada una de las $2U^{(l)}$ respuestas de impulso del canal formado por haz correspondientes se caracteriza por solo unos pocos retardos/interrupciones de canal significativos. Estos retardos de canal son

50 utilizados por el UE para determinar los coeficientes de combinación del dominio de retardo $\gamma_{p,u,d}^{(l)}$. De esta forma, el número de coeficientes de combinación por capa que han de ser notificados se reduce de $2U^{(l)}N_3$ para el esquema de notificación de libro de códigos único CSI Ver. 15 Tipo II a $2U^{(l)}D^{(l)}$, donde $D^{(l)} \ll N_3$, para el esquema de notificación de CSI de libro de códigos doble propuesto.

55 En las siguientes secciones se proponen varios esquemas para la notificación de sobrecarga de retroalimentación baja para los indicadores de base SD y DD y los coeficientes de combinación del dominio de retardo de acuerdo con algunas realizaciones.

Configuración de notificación de CSI

De acuerdo con algunas realizaciones, el UE se configura desde el gNB con una configuración de notificación de CSI, la configuración de notificación de CSI contiene el o los parámetros de capa superior (por ejemplo, RRC) $U^{(l)}$ y $D^{(l)}$ que representan el número de vectores de haz y vectores de retardo, respectivamente, para la l-ésima capa de matriz CSI.

De acuerdo con una realización, el UE se configura desde el gNB con una configuración de notificación de CSI, la configuración de notificación de CSI contiene el o los parámetros de capa superior (por ejemplo, RRC) $D^{(l)}$, que representan el número de retardos por haz para la l-ésima capa, utilizada para la configuración de la matriz CSI (o matriz de precodificación). El número de retardos configurados $D^{(l)}$ por capa tiene una gran influencia en la sobrecarga de retroalimentación para notificar los $2 \sum_l U^{(l)} D^{(l)}$ coeficientes de combinación seleccionados para las capas. Para reducir la sobrecarga de retroalimentación para notificar los coeficientes de combinación para todas las capas y la complejidad del UE para calcular la matriz CSI, el UE se puede configurar con un número diferente de retardos $D^{(l)}$ por capa o por grupo de capas (es decir, un subconjunto de capas). A continuación se presentan algunos ejemplos para la configuración de retardo.

En un ejemplo, el número de retardos $D^{(l)}$ es independiente de la capa e idéntico para todas las capas, de modo que $D^{(l)} = D$, y el gNB puede configurar/señalizar solo un único parámetro D para la configuración de la matriz CSI. Por ejemplo, para un rango (RI) de 2, $D = D^{(0)} = D^{(1)}$, para RI = 3, $D = D^{(0)} = D^{(1)} = D^{(2)}$, para RI = 4, $D = D^{(0)} = D^{(1)} = D^{(2)} = D^{(3)}$.

En otro ejemplo, el número de retardos $D^{(l)}$ se configura para subconjuntos de capas, por ejemplo para un primer subconjunto de capas (por ejemplo, la primera y segunda capas), $D^{(1)} = \lceil \alpha_1 D^{(0)} \rceil$, y para un segundo subconjunto de capas (la tercera capa o la tercera capa y la cuarta capa), $D^{(3)} = \lceil \alpha_2 D^{(2)} \rceil$, y el gNB señala dos parámetros $D^{(0)}$ y $D^{(2)}$ para la configuración de la matriz CSI. Los parámetros α_1 y α_2 están configurados en capas superiores o fijados por especificación o notificados por el UE. Algunos ejemplos de α_1 y α_2 son $\alpha_t \in \left\{ \frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{3}{8}, \frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{3}{4}, 1 \right\}$, $t \in \{1, 2\}$.

En otro ejemplo, en lugar de configurar tanto $D^{(0)}$ como $D^{(2)}$, solo se configura $D^{(0)}$ y $D^{(2)}$ se deriva en/por el UE de $D^{(0)}$ como $D^{(2)} = \lceil \alpha_0 D^{(0)} \rceil$, donde $\alpha_0 \in \mathbb{R}^+$. Algunos posibles valores de α_0 están dados por $\alpha_0 = \left\{ \frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{3}{8}, \frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{3}{4}, 1 \right\}$.

En otro ejemplo, el gNB configura un solo parámetro $D^{(0)}$ para la primera capa, y el UE deriva el o los parámetros $D^{(l)}$, $l > 0$ para las capas restantes, por ejemplo mediante una regla, aunque no necesariamente.

A continuación se dan ejemplos de una regla.

En un caso $D^{(l)} = D^{(0)}$, $l > 0$ puede ser idéntico para todas las capas.

En otro caso, $D^{(l)}$ puede ser idéntico para las dos primeras capas, $D^{(0)} = D^{(1)}$, y diferente para la tercera y la cuarta capas, $D^{(3)} \geq D^{(2)} \geq D^{(0)}$, o $D^{(3)} \leq D^{(2)} \leq D^{(0)}$.

En otro caso, $D^{(l)}$ puede ser idéntico para las primeras tres capas y diferente para la cuarta capa, $D^{(3)} \leq D^{(0)}$ o $D^{(3)} \geq D^{(0)}$.

En otro caso, $D^{(l)}$ puede ser diferente para todas las capas, $D^{(l+1)} \neq D^{(l)}$, $l \in [0, 2]$. En otro caso, para RI = 2, los retardos de la segunda capa pueden derivarse de $D^{(1)} = \alpha_0 D^{(0)}$, donde $\alpha_0 \in \mathbb{R}^+$. Para RI = 3, los retardos de la segunda capa y la tercera pueden derivarse de $D^{(1)} = \lceil \alpha_0 D^{(0)} \rceil$ y $D^{(2)} = \lceil \alpha_0 D^{(0)} \rceil$, donde $\alpha_0 \in \mathbb{R}^+$.

Para RI = 4, los retardos de la segunda capa, la tercera y la cuarta capas pueden derivarse de $D^{(1)} = \lceil \alpha_0 D^{(0)} \rceil$, $D^{(2)} = \lceil \alpha_0 D^{(0)} \rceil$ y $D^{(3)} = \lceil \alpha_0 D^{(0)} \rceil$ donde $\alpha_0 \in \mathbb{R}^+$.

En otro caso, para RI = 3, el UE está configurado por un solo valor $D^{(0)}$ y $D^{(0)} = D^{(1)} \neq D^{(2)}$ y los retardos de la tercera capa pueden derivarse de $D^{(2)} = \lceil \alpha_0 D^{(0)} \rceil$, donde $\alpha_0 \in \mathbb{R}^+$.

En otro caso, para RI = 3, el UE está configurado por un solo valor $D^{(0)}$ y $D^{(0)} = D^{(2)} \neq D^{(1)}$ y los retardos de la

segunda capa pueden derivarse de $D^{(1)} = \lceil \alpha_0 D^{(0)} \rceil$, donde $\alpha_0 \in \mathbb{R}^+$.

En otro caso, para RI = 4, el UE está configurado por un solo valor $D^{(0)}$ y $D^{(0)} \neq D^{(1)} = D^{(2)} = D^{(3)}$ y los retardos de la segunda, la tercera y la cuarta capas pueden derivarse de $D^{(1)} = D^{(2)} = D^{(3)} = \lceil \alpha_0 D^{(0)} \rceil$, donde $\alpha_0 \in \mathbb{R}^+$.

En otro caso, para RI = 4, el UE está configurado por un solo valor $D^{(0)}$ y $D^{(0)} = D^{(1)} \neq D^{(2)} = D^{(3)}$ y los retardos de la tercera y la cuarta capas pueden derivarse de $D^{(2)} = D^{(3)} = \lceil \alpha_0 D^{(0)} \rceil$, donde $\alpha_0 \in \mathbb{R}^+$.

En otro caso, para RI = 4, el UE está configurado por un solo valor $D^{(0)}$ y $D^{(0)} = D^{(1)} = D^{(2)} \neq D^{(3)}$ y los retardos de la cuarta capa pueden derivarse de $D^{(3)} = \lceil \alpha_0 D^{(0)} \rceil$, donde $\alpha_0 \in \mathbb{R}^+$.

En otro caso, para RI = 4, el UE está configurado por un solo valor $D^{(0)}$ y $D^{(0)} = D^{(1)} \neq D^{(2)} = D^{(3)}$ y los retardos de la tercera y la cuarta capas pueden derivarse de $D^{(2)} = D^{(3)} = \lceil \alpha_0 D^{(0)} \rceil$, donde $\alpha_0 \in \mathbb{R}^+$.

En otro caso, para RI = 4, el UE está configurado por un solo valor $D^{(0)}$ y $D^{(0)} \neq D^{(1)} \neq D^{(2)} = D^{(3)}$ y los retardos de la segunda capa pueden derivarse de $D^{(1)} = \lceil \alpha_0 D^{(0)} \rceil$, y los retardos de la tercera y la cuarta capas pueden derivarse de $D^{(2)} = D^{(3)} = \lceil \alpha_0 D^{(0)} \rceil$, donde $\alpha_0 \in \mathbb{R}^+$.

En otro caso, para RI = 4, el UE está configurado por un solo valor $D^{(0)}$ y $D^{(0)} \neq D^{(1)} = D^{(2)} \neq D^{(3)}$ y los retardos de la cuarta capa pueden derivarse de $D^{(3)} = \lceil \alpha_0 D^{(0)} \rceil$, y los retardos de la segunda y tercera capas pueden derivarse de $D^{(1)} = D^{(2)} = \lceil \alpha_0 D^{(0)} \rceil$, donde $\alpha_0 \in \mathbb{R}^+$.

En otro caso, para RI = 4, el UE está configurado por un solo valor $D^{(0)}$ y $D^{(0)} = D^{(1)} \neq D^{(2)} \neq D^{(3)}$ y los retardos de la tercera capa pueden derivarse de $D^{(2)} = \lceil \alpha_0 D^{(0)} \rceil$ y los retardos de la cuarta capa pueden derivarse de $D^{(3)} = \lceil \alpha_0 D^{(0)} \rceil$, donde $\alpha_0 \in \mathbb{R}^+$.

De acuerdo con una realización, un UE puede configurarse con un único parámetro D que indica el número total de retardos en todas las capas. A continuación, el UE se configura para calcular el número requerido de retardos por capa ($D^{(l)}$) en función de cualquier criterio de mejora del rendimiento/reducción de la retroalimentación tal que $\sum_{l=0}^{RI-1} D^{(l)} \leq D$. El UE puede entonces notificar, al gNB, el número asignado de retardos al gNB.

De acuerdo con una realización, la configuración de los retardos puede depender del rango (RI) de la matriz CSI. Por ejemplo, supongamos que $D^{(l,r)}$ indica el número de retardos para la l-ésima capa y el r-ésimo rango. Por ejemplo, el número de retardos por capa para RI ≤ 2 puede ser idéntico. Por ejemplo, $D^{(0,1)} = D^{(1,1)} = D^{(0,2)}$.

En otro ejemplo, el número de retardos de la l-ésima capa para RI ≤ 4 puede ser idéntico al número de retardos de la l-ésima capa para RI ≥ 1.

En un caso, $D^{(0,1)} = D^{(0,2)} = D^{(0,3)} = D^{(0,4)} = D^{(1,2)} = D^{(1,3)} = D^{(1,4)}$, y $D^{(2,3)} = D^{(2,4)} = D^{(3,4)}$ donde $D^{(l,r)}$ indica el número de retardos por capa asociados con cada RI, $r \in \{1,2,3,4\}$.

En otro caso, $D^{(0,1)} = D^{(0,2)} = D^{(0,3)} = D^{(0,4)} = D^{(1,2)} = D^{(1,3)} = D^{(1,4)}$ y los retardos $D^{(2,3)}$, $D^{(2,4)}$, $D^{(3,4)}$ se derivan de los retardos de RI ≤ 2 como $D^{(2,3)} = D^{(2,4)} = D^{(3,4)} = \alpha_0 D^{(0,1)}$.

En otro ejemplo, el número de retardos por capa para RI > 2 puede no ser idéntico al número de retardos por capa para RI ≤ 2. Por ejemplo, $D^{(0,1)} = D^{(0,2)} \neq D^{(0,3)} = D^{(0,4)}$ o $D^{(1,2)} \neq D^{(1,3)} = D^{(1,4)}$, y $D^{(2,3)} = D^{(2,4)} = D^{(3,4)}$.

En otro ejemplo, el número de retardos por capa $D^{(l,r)}$, $\forall l$, para RI > 2 puede derivarse del número de retardos de RI ≤ 2. Por ejemplo, $D^{(0,1)} = D^{(0,2)} = D^{(1,2)}$ y los retardos $D^{(l,r)}$, $\forall l, r > 2$ están dados por $D^{(0,3)} = D^{(0,4)} = D^{(1,3)} = D^{(1,4)} = D^{(2,3)} = D^{(2,4)} = D^{(3,4)} = \alpha_0 D^{(0,1)}$, donde $\alpha_0 \in \mathbb{R}^+$.

En otro ejemplo, para RI ≥ 2, el número de retardos para cada capa y RI son diferentes, $D^{(l,r)} \neq D^{(l',r')}$, $l \neq l', r \neq r'$.

De acuerdo con una realización, el UE está configurado para seleccionar los valores $D^{(l,r)}$ o $D^{(l)}$ o α_i , $i \in \{0,1,2\}$ y notificar los valores seleccionados de $D^{(l,r)}$ o $D^{(l)}$ o α_i , $i \in \{0,1,2\}$.

- 5 De acuerdo con una realización, el o los parámetros de capa superior (por ejemplo, RRC) $D^{(l)}$ (o $D^{(l,r)}$) pueden depender del número configurado de subbandas N_3 por, por ejemplo, una regla conocida, por ejemplo, $D^{(l)} = \lceil p^{(l)} N_3 \rceil$, $0 < p < 1$, tal que el número de retardos configurados aumenta/disminuye con valores crecientes/decrecientes de N_3 . Algunos ejemplos para $p^{(l)}$ son $p^{(l)} \in \{\frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{3}{8}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{3}{4}\}$. En lugar de señalar el o los parámetros $D^{(l)}$, el gNB puede señalar el o los parámetros $p^{(l)}$ para la configuración de la matriz CSI.

- 10 De acuerdo con una realización, el UE está configurado para recibir del gNB el parámetro de capa superior N_3 , que representa el número de subbandas configuradas para la segunda matriz de libro de códigos. El número de subbandas puede depender del número de subbandas de CQI N_{CQI} (utilizadas para el cálculo del CQI) por una regla conocida. Por ejemplo, el parámetro N_3 puede aumentar/disminuir linealmente con respecto al número configurado de subbandas de CQI, $N_3 = N_{CQI} \times R$, $R \geq 1$, donde R es un parámetro para controlar la complejidad de cálculo del UE.

- 15 De acuerdo con una realización, el parámetro de capa superior R puede ser una capacidad de UE. Un UE puede tener solo una capacidad de procesamiento limitada para el cálculo de la matriz CSI, y es posible que no pueda aplicar valores grandes de N_3 . Para indicar que solo se soporta un intervalo de valores limitado para N_3 , el UE puede indicar el intervalo de valores soportado para el parámetro R al gNB. Por ejemplo, cuando $R \in \{1,2\}$, un UE puede indicar $R = 1$ (capacidad de procesamiento limitada), o $R = 2$ (capacidad de procesamiento mayor).

- 20 De acuerdo con una realización, el UE se configura desde el gNB con una configuración de notificación de CSI, la configuración de notificación de CSI contiene el o los parámetros de capa superior (por ejemplo, RRC) $U^{(l)}$, que representan el número de haces espaciales para la l -ésima capa, utilizados para la configuración de la matriz CSI. En un ejemplo, el número de haces $U^{(l)}$ puede ser idéntico para todas las capas e independiente del rango, tal que $U^{(l)} = U$, y el gNB señala un solo parámetro U para la configuración de la matriz CSI. En un ejemplo, U puede estar dado por un intervalo de valores limitado, por ejemplo, $U \in \{2,4,6\}$.

- 30 En otro ejemplo, el gNB puede configurar un único parámetro U para los haces espaciales de la primera capa de la matriz CSI, y los restantes $U^{(l)}$, $l > 0$ son derivados por el UE mediante una regla conocida. Por ejemplo, cuando $RI = 2$, y el gNB configura $U^{(0)} = 6$, el número de haces espaciales para la primera capa puede estar dado por $U^{(0)} = 6$ y el número de haces espaciales para la segunda capa está dado por $U^{(1)} = 4$ o $U^{(1)} = 2$.

- 35 En otro caso, cuando $RI = 3$, y el gNB configura $U^{(0)} = 6$, el número de haces espaciales para la primera capa puede estar dado por $U^{(0)} = 6$, el número de haces espaciales para la segunda capa está dado por $U^{(1)} = 4$ o $U^{(1)} = 2$, y el número de haces espaciales para la tercera capa está dado por $U^{(2)} = 4$ o $U^{(2)} = 2$.

- 40 En otro caso, cuando $RI = 4$ y el gNB configura $U = 6$, el número de haces espaciales para la primera capa puede estar dado por $U^{(0)} = 6$, el número de haces espaciales para la segunda capa está dado por $U^{(1)} = 4$ o $U^{(1)} = 2$, y el número de haces espaciales para la tercera capa está dado por $U^{(2)} = 4$ o $U^{(2)} = 2$, y los haces espaciales para la tercera capa están dados por $U^{(3)} = 4$ o $U^{(3)} = 2$.

- 45 En otro ejemplo, el número de haces espaciales $U^{(l)}$ se configura para subconjuntos de capas, por ejemplo, para un primer subconjunto de capas (por ejemplo, la primera y la segunda capas), $U^{(1)} = \lceil \alpha_1 U^{(0)} \rceil$, y para un segundo subconjunto de capas (la tercera o la tercera y la cuarta capas), $U^{(3)} = \lceil \alpha_2 U^{(2)} \rceil$ y el gNB pueden configurarse para señalar dos parámetros $U^{(0)}$ y $U^{(2)}$ para la configuración de la matriz CSI. Los parámetros α_1 y α_2 están configurados en capas superiores o fijados por especificación o notificados por el UE.

- 50 En otro ejemplo, el número de haces espaciales $U^{(l)}$ se configura para subconjuntos de capas, por ejemplo para un primer subconjunto de capas (por ejemplo, la primera y la segunda capas), $U^{(1)} = \lceil \alpha_1 U^{(0)} \rceil$, y para un segundo subconjunto de capas (la tercera capa o la tercera y la cuarta capas), $U^{(2)} = \lceil \alpha_2 U^{(1)} \rceil$ y $U^{(3)} = \lceil \alpha_3 U^{(2)} \rceil$ el gNB señala solo un parámetro $U^{(0)}$ para la configuración de la matriz CSI. Algunos

- 55 ejemplos de α_1 , α_2 y α_3 son $\alpha_t \in \{\frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{3}{8}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{3}{4}, 1\}$, $t \in \{1,2,3\}$.

En un caso, para $RI = 3$, el número de haces espaciales para el primer grupo de capas puede ser idéntico $U^{(0)} = U^{(1)} = 2$ y el subconjunto de capas para el segundo subconjunto está dado por $U^{(2)} = 4$ o $U^{(2)} = 6$.

En un caso, para $RI = 3$, el número de haces espaciales para el primer grupo de capas puede ser idéntico $U^{(0)} = U^{(1)} = 4$ y el subconjunto de capas para el segundo subconjunto está dado por $U^{(2)} = 6$ o $U^{(2)} = 2$.

- 5 En otro caso, para $RI = 3$, el número de haces espaciales para el primer grupo de capas puede ser idéntico $U^{(0)} = U^{(1)} = 6$ y el subconjunto de capas para el segundo subgrupo está dado por $U^{(2)} = 4$ o $U^{(2)} = 2$.

- 10 En otro caso, para $RI = 4$, el número de haces espaciales para el primer grupo de capas puede ser idéntico $U^{(0)} = U^{(1)} = 2$, y el subconjunto de capas para el segundo subgrupo está dado por $U^{(2)} = U^{(3)} = 6$ o $U^{(2)} = U^{(3)} = 2$.

En un caso, para $RI = 4$, el número de haces espaciales para el primer grupo de capas puede ser idéntico $U^{(0)} = U^{(1)} = 4$, y el subconjunto de capas para el segundo subgrupo está dado por $U^{(2)} = U^{(3)} = 2$ o $U^{(2)} = U^{(3)} = 6$.

- 15 En un caso, para $RI = 4$, el número de haces espaciales para el primer grupo de capas puede ser idéntico $U^{(0)} = U^{(1)} = 6$, y el subconjunto de capas para el segundo subgrupo está dado por $U^{(2)} = U^{(3)} = 2$ o $U^{(2)} = U^{(3)} = 4$.

- 20 De acuerdo con algunas realizaciones, el UE puede configurarse con $U = 6$ solo para $RI \leq 2$. Configurar el UE con un gran valor de U mejora el rendimiento pero a costa de una mayor sobrecarga de retroalimentación. Por lo tanto, el gNB puede controlar la sobrecarga de retroalimentación al limitar el gran valor de U solo para ciertos RI . En otras palabras, la configuración de haces espaciales puede depender del rango.

- 25 De acuerdo con algunas realizaciones, el parámetro de capa superior U puede ser una capacidad de UE. Un UE puede tener solo una capacidad de procesamiento limitada para el cálculo de la matriz CSI, y es posible que no pueda aplicar valores grandes de U . Para indicar que solo se soporta un intervalo de valores limitado para U , el UE puede indicar el intervalo de valores soportado para el parámetro U al gNB. Por ejemplo, cuando $U \in \{2, 4, 6\}$, un UE puede indicar $U = \{2, 4\}$ (capacidad de procesamiento limitada) o $U = \{2, 4, 6\}$ (capacidad de procesamiento mayor).

- 30 De acuerdo con una realización, un UE puede configurarse con un único parámetro U que indica el número total de haces espaciales en todas las capas. A continuación, el UE se configura para calcular el número requerido de haces espaciales por capa ($U^{(l)}$) en función de cualquier criterio de mejora del rendimiento/reducción de la retroalimentación tal que $\sum_{l=0}^{RI-1} U^{(l)} \leq U$. Luego, el UE puede configurarse para notificar el número asignado de haces espaciales por capa al gNB.

- 35 De acuerdo con algunas realizaciones, el UE puede conocer a priori el número de haces espaciales para e capas ($e > 1$), y el UE puede configurarse con un solo parámetro U que indica el número total de haces espaciales a través de $RI - e$ y capas. A continuación, el UE se configura para calcular el número requerido de haces espaciales por capa ($U^{(l)}$) en función de cualquier criterio de mejora del rendimiento/reducción de la retroalimentación tal que $\sum_{l=0}^{RI-e} U^{(l)} \leq U$. El UE puede configurarse para notificar el número asignado de haces espaciales para las $RI - e$ capas al gNB.

- 40 De acuerdo con algunas realizaciones, un UE puede configurarse con uno o más parámetros, que indican el número total de haces espaciales a través de todas las capas en uno o más subconjuntos. Cada subconjunto puede contener una o más capas. A continuación, el UE calcula el número requerido de haces espaciales por capa ($U^{(l)}$) en función de cualquier criterio de mejora del rendimiento/reducción de la retroalimentación. El número asignado de haces espaciales se puede notificar después al gNB.

50 Notificación de coeficientes de combinación

- Como se ha explicado más arriba, cada uno de los $2U^{(l)}$ haces de la matriz CSI está asociado con solo un pequeño número de retardos de canal. Además, como cada haz puede apuntar a una dirección diferente en el canal, cada haz solo puede estar asociado con un pequeño número de retardos/vectores de retardo del subconjunto de vectores de retardo de base de tamaño $D^{(l)}$ seleccionado. Esto significa que la potencia de los coeficientes de combinación de un haz puede concentrarse en unos pocos retardos, de modo que algunos de los coeficientes de combinación pueden tener valores de amplitud cercanos a cero. Dado que los coeficientes de combinación de valor cercano a cero no afectan significativamente al rendimiento, el UE puede configurarse para indicar esos coeficientes en la notificación de CSI y puede no notificarlos. Las siguientes realizaciones proporcionan propuestas para la selección, indicación y notificación del coeficiente de combinación en la notificación de CSI.

- 60 De acuerdo con una realización, el UE se configura para seleccionar $K^{(l)}$ o menos de $K^{(l)}$ coeficientes de combinación distintos de cero para la l -ésima capa de la matriz CSI, para notificar los coeficientes de combinación distintos de cero seleccionados para todas las capas de la matriz CSI, y para indicar los

coeficientes de combinación seleccionados en la notificación de CSI. Los coeficientes distintos de cero seleccionados para la l -ésima capa pueden indicarse mediante un mapa de bits de tamaño $2U^{(l)} \times D^{(l)}$, donde cada bit en el mapa de bits está asociado con un índice de polarización ($p \in \{1, 2\}$), índice de haz ($0 \leq u \leq U^{(l)} - 1$) e índice de retardo ($0 \leq d \leq D^{(l)} - 1$). Un "1" en el mapa de bits puede indicar que el coeficiente de combinación asociado con el índice de polarización p , el índice de haz u , y el índice de retardo d es distinto de cero, seleccionado y notificado por el UE. Un "0" en el mapa de bits puede indicar que el coeficiente de combinación asociado con el índice de polarización p , el índice de haz u , y el índice de retardo d es distinto de cero y no notificado por el UE.

De acuerdo con una realización, el gNB puede configurar el UE con el o los parámetros de capa superior $K^{(l)}$, que representan el número máximo de coeficientes distintos de cero que notifica el UE para la l -ésima capa de la matriz CSI. El UE puede configurarse con $K^{(l)}$ diferentes o idénticos por capa, o por grupo de capas (es decir, un subconjunto de capas).

A continuación se presentan algunos ejemplos para la configuración de parámetros $K^{(l)}$.

En un ejemplo, el parámetro $K^{(0)}$ está configurado para la primera capa, y los parámetros $K^{(l)}$, $l > 0$ para las capas superiores son derivados por el UE, por ejemplo mediante una regla conocida. Por ejemplo, para $RI = 1$, el UE está configurado por el gNB con $K^{(0)}$ y para $RI = 2$, $K^{(1)} = K^{(0)}$. En otro ejemplo, el UE está configurado por un solo parámetro K que indica el número total de coeficientes distintos de cero en todas las capas. Luego, el UE se configura para asignar el número de coeficientes distintos de cero por capa de tal manera que $\sum_{l=0}^{RI-1} K^{(l)} \leq K$ y se configura además para notificar el número de coeficientes distintos de cero por capa o el número total de coeficientes distintos de cero en todas las capas al gNB. Por ejemplo, para $RI = 1$, el UE puede configurarse con un solo parámetro K y el UE asigna $K^{(0)} \leq K$ coeficientes a la capa 1 y los notifica al gNB.

En otro ejemplo, para $RI > 1$, el UE está configurado por un solo parámetro K_1 que indica el número máximo de coeficientes de combinación distintos de cero para cada capa. Luego, el UE se configura para asignar el número de coeficientes distintos de cero por capa de tal manera que $\sum_{l=0}^{RI-1} K^{(l)} \leq 2K_1$, y se configura además para notificar el número de coeficientes distintos de cero por capa o el número total de coeficientes distintos de cero en todas las capas al gNB.

Por ejemplo, para $RI = 2$, el UE puede configurarse mediante un único valor $K_1 = 28$ que indica el número máximo de coeficientes de combinación distintos de cero para cada capa, y el número de coeficientes de combinación distintos de cero notificados calculados por el UE para la primera y segunda capas está dado por $K^{(0)} = 28$ y $K^{(1)} = 28$, respectivamente.

Por ejemplo, para $RI = 3$, el UE puede configurarse mediante un único valor $K_1 = 42$ que indica el número máximo de coeficientes de combinación distintos de cero para cada capa, y el número de coeficientes de combinación distintos de cero notificados calculados por el UE para la primera, segunda y tercera capas está dado por $K^{(0)} = 42$, $K^{(1)} = 28$, y $K^{(2)} = 12$, respectivamente.

Por ejemplo, para $RI = 4$, el UE puede configurarse mediante un único valor $K_1 = 42$ que indica un número máximo de coeficientes distintos de cero para cada capa, y el número de coeficientes de combinación distintos de cero notificados calculados por el UE para la primera, segunda, tercera y cuarta capas está dado por $K^{(0)} = 32$, $K^{(1)} = 28$, $K^{(2)} = 14$, y $K^{(3)} = 10$, respectivamente.

En otro ejemplo, para $RI > 1$, el UE está configurado por un único parámetro K_2 , en función del cual el UE está configurado para asignar el número de coeficientes de combinación distintos de cero por capa tal que $\sum_{l=0}^{RI-1} K^{(l)} \leq 2K_2$, y además está configurado para notificar el número de coeficientes de combinación distintos de cero por capa o el número total de coeficientes distintos de cero en todas las capas al gNB.

En otro ejemplo, para $RI > 1$, el UE está configurado por un único parámetro K_2 , donde el número de coeficientes de combinación distintos de cero puede ser mayor que K_2 , y en función del cual el UE está configurado para asignar el número de coeficientes de combinación distintos de cero por capa tal que $\sum_{l=0}^{RI-1} K^{(l)} \leq 2K_2$, y además está configurado para notificar el número de coeficientes de combinación distintos de cero por capa o el número total de coeficientes de combinación distintos de cero en todas las capas al gNB.

Por ejemplo, para $RI = 2$, el UE puede configurarse con un valor único $K_2 = 28$, y el número de coeficientes de combinación distintos de cero notificados calculados por el UE para la primera y la segunda capas está dado por $K^{(0)} = 32$ y $K^{(1)} = 24$, respectivamente.

Por ejemplo, para $RI = 3$, el UE puede configurarse mediante un único valor $K_2 = 28$ y el número de coeficientes de combinación distintos de cero notificados calculados por el UE para la primera, segunda y tercera capas

está dado por $K^{(0)} = 30$, $K^{(1)} = 16$, y $K^{(2)} = 8$, respectivamente.

Por ejemplo, para $RI = 4$, el UE puede configurarse mediante un único valor $K_1 = 28$ y el número de coeficientes de combinación distintos de cero notificados calculados en el UE para la primera, segunda, tercera y cuarta capas está dado por $K^{(0)} = 30$, $K^{(1)} = 10$, $K^{(2)} = 9$, y $K^{(3)} = 6$, respectivamente.

Notificación de mapas de bits

De acuerdo con algunas realizaciones, un UE puede configurarse para usar una estrategia de dos etapas para reducir la sobrecarga general para notificar los mapas de bits de todas las capas. En una primera etapa, el UE puede configurarse para determinar un mapa de bits conjunto de tamaño $U_g \times D_g$ mediante la unión de los mapas de bits individuales en las capas, donde $U_g = \max(2U^{(l)})$, $\forall l$ y $D_g = \max(D^{(l)})$, $\forall l$.

El mapa de bits conjunto puede consistir en Q_g '1's, donde un "1" en el mapa de bits conjunto representa un índice de un coeficiente distinto de cero notificado en al menos uno o más de los mapas de bits individuales de las capas. En una segunda etapa, el UE puede notificar una indicación de los índices de los coeficientes de combinación distintos de cero seleccionados asociados con el mapa de bits conjunto. A continuación se presentan diferentes alternativas para la notificación de segunda etapa.

En un ejemplo, el UE notifica un mapa de bits de tamaño Q_g por capa. Cada bit del mapa de bits de tamaño Q_g indica un índice de un coeficiente de combinación distinto de cero notificado para la capa en la parte 2 de CSI.

En otro ejemplo, el UE notifica un mapa de bits de tamaño $Q_g^{(l)}$ por capa, donde $Q_g^{(l)}$ indica el número de 1 en las primeras $D^{(l)}$ columnas y las primeras $U^{(l)}$ filas del mapa de bits conjunto. Cada bit del mapa de bits de tamaño $Q_g^{(l)}$ indica un índice de un coeficiente de combinación distinto de cero notificado para la capa en la parte 2 de CSI.

En otro ejemplo, el UE notifica un indicador $\left\lceil \log_2 \left(\frac{Q_g^{(l)}}{NZ_l} \right) \right\rceil$ de bits por capa que indica los índices de los coeficientes de combinación distintos de cero notificados para la capa.

En otro ejemplo, el UE notifica un indicador $\left\lceil \log_2 \left(\frac{Q_g}{NZ_l} \right) \right\rceil$ de bits por capa que indica los índices de los coeficientes de combinación distintos de cero notificados para la capa.

En otro ejemplo, el UE notifica un indicador $\max_l \left\lceil \log_2 \left(\frac{Q_g^{(l)}}{NZ_l} \right) \right\rceil$ de bits por capa que indica los índices de los coeficientes de combinación distintos de cero notificados para la capa.

En otro ejemplo, el UE notifica un indicador $\max_l \left\lceil \log_2 \left(\frac{Q_g}{NZ_l} \right) \right\rceil$ de bits por capa que indica los índices de los coeficientes de combinación distintos de cero notificados para la capa.

De acuerdo con una realización, el UE puede configurarse para notificar el número de '1' en el mapa de bits conjunto, es decir, el valor de $Q_g^{(l)}$ por capa, o grupo de capas, en la parte 1 de UCI. En un ejemplo, $D^{(l)} = D, \forall l$, luego $Q_g^{(l)} = Q_g$ y solo se notifica un único valor en la parte 1 de UCI. En otro ejemplo, $D^{(1)} = D^{(0)} = D_1$ y $D^{(3)} = D^{(2)} = D_2$, luego $Q_g^{(1)} = Q_g^{(0)}$ y $Q_g^{(3)} = Q_g^{(2)}$ y se notifican dos valores en la parte 1 de UCI.

De acuerdo con algunas realizaciones, el UE está configurado para indicar el tamaño del o de los mapas de bits de la segunda etapa, o el o los indicadores de bit combinatorios de la segunda etapa en la parte 1 de UCI.

En el caso de notificar mapas de bits de tamaño Q_g en la parte 2 de UCI, se puede indicar el valor de Q_g (por ejemplo, mediante un indicador de bit $\left\lceil \log_2(Q_g \times D_g) \right\rceil$) en la parte 1 de UCI.

En el caso de notificación de uno o más indicadores de bit $\left\lceil \log_2 \left(\frac{Q_g}{NZ_l} \right) \right\rceil$ en la parte 2 de UCI, el o los tamaños del indicador o los indicadores de bit $\left\lceil \log_2 \left(\frac{Q_g}{NZ_l} \right) \right\rceil$ (por ejemplo, el valor de Q_g) puede indicarse en la parte 1 de UCI.

- 5 En el caso de notificación de un o más indicadores de bit $\max_l \left\lceil \log_2 \left(\frac{Q_g^{(l)}}{NZ_l} \right) \right\rceil$, o $\max_l \left\lceil \log_2 \left(\frac{Q_g}{NZ_l} \right) \right\rceil$ en la parte 2 de UCI, el tamaño de $\max_l \left\lceil \log_2 \left(\frac{Q_g^{(l)}}{NZ_l} \right) \right\rceil$ o $\max_l \left\lceil \log_2 \left(\frac{Q_g}{NZ_l} \right) \right\rceil$ puede indicarse en la parte 1 de UCI.

En el caso de notificación de uno más mapas de bits de tamaño $Q_g^{(l)}$ en la parte 2 de UCI, el o los tamaños del mapa o los mapas de bits por capa, o grupo de capas, se indican en la parte 1 de UCI. Por ejemplo, $D^{(l)} =$

- 10 $D, \forall l$, luego $Q_g^{(l)} = Q_g$, y solo se notifica un único valor que indica el tamaño del mapa o los mapas de bits de la segunda etapa en la parte 1 de UCI. En otro ejemplo, $D^{(1)} = D^{(0)} = D_1$ y $D^{(3)} = D^{(2)} = D_2$, luego $Q_g^{(1)} = Q_g^{(0)}$ y $Q_g^{(3)} = Q_g^{(2)}$, y los valores $Q_g^{(0)}$ y $Q_g^{(2)}$ se indican (por ejemplo, mediante un indicador de bit $\left\lceil \log_2 (2U^{(0)} \times (D^{(0)} + D^{(2)})) \right\rceil$) en la parte 1 de UCI.

- 15 De manera similar, en el caso de notificación de indicadores de bit $\left\lceil \log_2 \left(\frac{Q_g^{(l)}}{NZ_l} \right) \right\rceil$, el o los tamaños de los indicadores de bit por capa, o grupo de capas, se indican en la parte 1 de UCI.

- De acuerdo con algunas realizaciones, un UE puede configurarse para usar una estrategia de dos etapas para reducir la sobrecarga general para notificar los mapas de bits de las capas. En una primera etapa, el UE puede determinar un mapa de bits conjunto de tamaño $U_m \times D_m$ mediante la unión de los mapas de bits individuales en las capas, donde $U_m \leq 2U^{(l)}, \forall l$ y $D_m \leq D^{(l)}, \forall l$. Un "1" en el mapa de bits conjunto representa un coeficiente distinto de cero en al menos uno o más de los mapas de bits de las capas individuales. En una segunda etapa, el UE puede notificar una indicación de los índices de los coeficientes de combinación distintos de cero seleccionados asociados con el mapa de bits conjunto. A continuación se presentan diferentes alternativas para la notificación de segunda etapa.
- 20
- 25

- 30 En un ejemplo, el UE notifica un indicador de bit $\max_l \left\lceil \log_2 \left(\frac{U_m D_m}{NZ_l} \right) \right\rceil$ para la l -ésima capa, donde NZ_l indica el número de coeficientes de combinación distintos de cero de la l -ésima capa. En otro ejemplo, el UE notifica un mapa de bits de tamaño $U_m D_m$ por capa, donde cada bit del mapa de bits de tamaño $U_m D_m$ indica un índice de un coeficiente de combinación distinto de cero notificado para la capa en la parte 2 de CSI.

De acuerdo con una realización, el UE puede configurarse para notificar el tamaño del mapa de bits conjunto en la parte 1 de UCI.

- 35 De acuerdo con una realización, el tamaño del indicador de bit $\max_l \left\lceil \log_2 \left(\frac{U_m D_m}{NZ_l} \right) \right\rceil$ puede indicarse en la parte 1 de UCI.

- De acuerdo con una realización, el UE puede configurarse para notificar en la parte 2 de UCI una indicación de los vectores base de SD y (o) FD seleccionados asociados con el mapa de bits conjunto. Por ejemplo, los vectores base de SD asociados con el mapa de bits conjunto se indican mediante un mapa de bits de tamaño
- 40

$\max_l 2U^{(l)}$, donde cada bit en el mapa de bits está asociado con un índice de un vector base de SD notificado.

Por lo tanto, el mapa de bits de tamaño $\max_l 2U^{(l)}$ contiene U_m '1'. De manera similar, los vectores base del Dominio de Frecuencia (FD, por sus siglas en inglés) asociados con el mapa de bits conjunto se indican mediante un mapa de bits máx $D^{(l)}$, donde cada bit en el mapa de bits está asociado con un índice de un vector

base de FD notificado. Por lo tanto, el mapa de bits $\max_l D^{(l)}$ contiene D_m '1'.

De acuerdo con una realización, un UE puede configurarse para reducir la sobrecarga general para notificar los mapas de bits de las capas. El UE puede configurarse para determinar por capa un mapa de bits eficaz de

- 5 tamaño $U_e^{(l)} \times D_e^{(l)}$, donde $U_e^{(l)} \leq 2U^{(l)}$ y $D_e^{(l)} \leq D^{(l)}$. Los mapas de bits eficaces se notifican en la parte 2 de CSI. Cada mapa de bits eficaz contiene solo filas distintas de cero y/o columnas distintas de cero.

Además, el UE está configurado para indicar en la parte 2 de CSI una indicación de los vectores base de SD seleccionados asociados con el mapa de bits eficaz por capa y/o una indicación de los vectores base de FD seleccionados asociados con el mapa de bits eficaz por capa. Por ejemplo, la indicación de los vectores base del Dominio Espacial (SD, por sus siglas en inglés) asociados con el mapa de bits eficaz para una capa se

- 10 indica mediante un mapa de bits de tamaño $2U^{(l)}$, y puede consistir en $U_e^{(l)}$ '1'. De manera similar, la base FD asociada con el mapa de bits eficaz por capa se notifica mediante un mapa de bits de tamaño $D^{(l)}$, y puede consistir en $D_e^{(l)}$ '1'.

De acuerdo con una realización, el UE está configurado para indicar los tamaños de los mapas de bits eficaces para todas las capas en la parte 1 de UCI. Como ejemplo, los tamaños de los mapas de bits eficaces pueden

representarse mediante un indicador de bit $\left\lceil \log_2 \sum_{l=0}^{RI-1} U_e^{(l)} \times D_e^{(l)} \right\rceil$.

- 20 De acuerdo con una realización, el UE está configurado para indicar el número de 1 en el mapa de bits de tamaño $2U^{(l)}$ en todas las capas (por ejemplo, mediante un indicador de bit $\left\lceil \log_2 (2 \sum_l U^{(l)}) \right\rceil$), que indica los vectores base de SD seleccionados, en la parte 1 de UCI.

De acuerdo con una realización, el UE está configurado para indicar el número de 0 en el mapa de bits de tamaño $2U^{(l)}$ en todas las capas, que indica los vectores base de SD no seleccionados, en la parte 1 de UCI.

- 25 De acuerdo con una realización, el UE está configurado para indicar el número de 1 en el mapa de bits de tamaño $D^{(l)}$ en todas las capas (por ejemplo, mediante un indicador de bit $\left\lceil \log_2 (\sum_l D^{(l)}) \right\rceil$), que indica los vectores base de FD seleccionados, en la parte 1 de UCI.

De acuerdo con una realización, el UE está configurado para indicar el número de 0 en el mapa de bits de tamaño $D^{(l)}$ en todas las capas (por ejemplo, mediante un indicador de bit $\left\lceil \log_2 (\sum_l D^{(l)}) \right\rceil$), que indica los vectores base de FD no seleccionados, en la parte 1 de UCI.

- 35 De acuerdo con una realización, cuando los valores configurados de $K^{(l)}$ o K son pequeños, los coeficientes de combinación distintos de cero que han de ser notificados para una capa solo pueden estar asociados con una única polarización. En tal caso, una parte del mapa de bits de tamaño $U^{(l)} \times D^{(l)}$ asociado con una polarización y una capa específicas puede contener solo ceros.

40 Para reducir la sobrecarga de retroalimentación con el fin de notificar el o los mapas de bits para las capas en tal caso, el UE puede configurarse para notificar un indicador de capa en la parte 1 de UCI para la cual una parte del mapa de bits de tamaño $U^{(l)} \times D^{(l)}$ asociado con una polarización específica y la capa contiene solo ceros. Por ejemplo, el indicador de capa puede consistir en 4 bits (para un RI máximo de 4), donde cada bit está asociado a una capa específica.

45 Cuando un bit del indicador de capa se establece en '0', puede indicar que se notifica el mapa de bits correspondiente asociado con la capa específica.

50 Cuando un bit del indicador de capa se establece en '1', puede indicar que solo se notifica la mitad del mapa de bits asociado con la capa.

Para indicar el índice de polarización asociado con el mapa de bits notificado, la parte 2 de UCI puede contener para cada capa, donde el número de coeficientes combinados distintos de cero notificados es cero para una polarización específica, un indicador de polarización que indica la polarización de los coeficientes de combinación distintos de cero notificados. El indicador de polarización puede consistir en N bits, donde N indica el número de '1' indicados por el indicador de capa. Por ejemplo, cuando el indicador de capa es '1010', indica que el número de coeficientes de combinación distintos de cero para una polarización específica es cero y solo

se puede notificar la mitad del mapa de bits para la primera y tercera capas. El indicador de polarización puede estar dado por '01' indicando que, para la primera capa, los coeficientes de combinación distintos de cero notificados y parte del mapa de bits están asociados con la primera polarización y, para la tercera capa, los coeficientes de combinación distintos de cero notificados y parte del mapa de bits están asociados con la segunda polarización.

De acuerdo con una realización, el UE puede configurarse para notificar un indicador de capa en la parte 1 de UCI solo para un subconjunto de capas para las que una parte del mapa de bits de tamaño $U^{(l)} \times D^{(l)}$ asociado con una polarización específica y la capa contiene solo ceros. Por ejemplo, el indicador de capa puede consistir solo en 2 bits, donde el primer y segundo bits están asociados con la tercera y cuarta capas, respectivamente. Para indicar el índice de polarización asociado con el mapa de bits notificado, la parte 2 de UCI puede contener para cada capa del subconjunto de capas, donde el número de coeficientes combinados distintos de cero notificados es cero para una polarización específica, un indicador de polarización que indica la polarización de los coeficientes de combinación distintos de cero notificados.

De acuerdo con una realización, el UE está configurado para indicar el número seleccionado de coeficientes de combinación distintos de cero por capa o el número seleccionado de coeficientes distintos de cero en todas las capas en la notificación de CSI.

20 Notificación de CSI - parte 1 y parte 2

De acuerdo con una realización, la notificación de CSI puede comprender dos partes, donde la primera parte tiene un tamaño fijo y se usa para indicar el tamaño de la carga útil de la segunda parte. Las dos partes de CSI están codificadas de forma independiente. La segunda parte de CSI tiene un tamaño de carga útil variable y puede contener al menos el o los indicadores de subconjunto base SD, el o los indicadores de subconjunto base de DD, el o los mapas de bits para la indicación de coeficiente distinto de cero y los coeficientes de combinación cuantificados para todas las capas.

Para indicar el tamaño de la carga útil de la parte 2 de CSI, la parte 1 de CSI puede contener la información sobre el número de coeficientes de combinación cuantificados en todas las capas en la parte 1 de CSI y el rango de la matriz CSI.

Número de notificaciones de coeficientes de combinación distintos de cero

En un ejemplo, la parte 1 de CSI puede contener el número seleccionado de coeficientes de combinación distintos de cero (NNZCC, por sus siglas en inglés) para cada una de las capas RI. Para un máximo de RI = 4, la parte 1 de CSI puede contener cuatro indicadores de bit NNZCC para las cuatro capas diferentes.

Como ejemplo, cada indicador de bit NNZCC está representado por un indicador de bit $\max_t [\log_2(g^{(t)} + 1)]$ o $\max_t [\log_2(g^{(t)})]$ o $\lceil \log_2 g^{(t)} \rceil$ o $\lceil \log_2(g^{(t)} + 1) \rceil$, donde $g^{(l)}$ representa el número máximo de coeficientes notificados para la l-ésima capa. En un caso, $g^{(l)} = K_0$ para todas las capas. En otro caso, $g^{(l)} = 2K_0$ para todas las capas. Aquí, K_0 se refiere al número de coeficientes de combinación distintos de cero que están configurados en capas superiores. En otro ejemplo, cada indicador de bit NNZCC está representado por un indicador de bit $\lceil \log_2(2U^{(l)}D^{(l)}) \rceil$. Como el NNZCC se indica por capa, el número de valores distintos de cero de los indicadores de bit NNZCC indica implícitamente el RI de la matriz CSI (es decir, el número total de capas). Por lo tanto, el rango (parámetro RI) puede ser eliminado de la notificación de CSI (es decir, no notificado).

En otro ejemplo, la parte 1 de CSI puede contener la suma de los NNZCC seleccionados en todas las capas y, por lo tanto, contiene un solo indicador de bit NNZCC para las diferentes capas. Como ejemplo, el indicador de bit NNZCC está representado por un indicador $\lceil \log_2 g \rceil$, donde g representa el número máximo de coeficientes entrantes notificados en todas las capas.

En un caso $g = K_0$. En otro caso, $g = 2K_0$. En otro caso, $g = \sum_{l=0}^{RI-1} 2U^{(l)}D^{(l)}$ para la l-ésima capa. Dado que el valor del indicador de bit NNZCC no indica el RI de la matriz CSI, el rango (parámetro RI) puede estar contenido en la notificación de CSI.

Notificación del indicador de coeficiente más fuerte (SCI, por sus siglas en inglés)

De acuerdo con una realización, el UE está configurado para normalizar los coeficientes de combinación que se han de notificar por capa con respecto al coeficiente más fuerte, de modo que el coeficiente más fuerte

normalizado está dado por el valor 1. Dado que el coeficiente más fuerte normalizado siempre está dado por el mismo valor, el UE está configurado para no notificar el coeficiente más fuerte (valores de bit para la amplitud y la fase del coeficiente cuantificado) y para indicar por capa el coeficiente más fuerte mediante un indicador de coeficiente más fuerte en la notificación de CSI (parte 2). La estructura del indicador de coeficiente más fuerte depende de la estructura de los indicadores de bit NNZCC en la parte 1 de CSI. A continuación se analizan diferentes alternativas.

En un ejemplo, el indicador de coeficiente más fuerte asociado con la l -ésima capa está dado por un indicador de bit $\left\lceil \log_2(NZ_l) \right\rceil$ o $\max_l \left\lceil \log_2(NZ_l) \right\rceil$, y la parte 1 de CSI contiene el número seleccionado de coeficientes de combinación distintos de cero (NNZCC) para cada una de las capas RI. Aquí, NZ_l representa el NNZCC indicado para la l -ésima capa en la parte 1 de CSI.

En un ejemplo, el indicador de coeficiente más fuerte asociado con la l -ésima capa está dado por un indicador de bit $\left\lceil \log_2(K^{(l)}) \right\rceil$ o $\max_l \left\lceil \log_2(K^{(l)}) \right\rceil$. Aquí, $K^{(l)}$ representa el NNZCC máximo configurado por capa.

En otro ejemplo, el indicador de coeficiente más fuerte asociado con la l -ésima capa está dado por un indicador de bit $\left\lceil \log_2\left(\sum_{i=0}^{RI-1} NZ_l\right) \right\rceil$, y la parte 1 de CSI contiene el número seleccionado de coeficientes de combinación distintos de cero (NNZCC) en todas las capas.

En otro ejemplo, el indicador de coeficiente más fuerte asociado con la l -ésima capa está dado por un indicador de bit $\left\lceil \log_2(2K_2) \right\rceil$, donde K_2 es el NNZCC configurado para el UE. En otro ejemplo, el indicador de coeficiente más fuerte asociado con la l -ésima capa está dado por un indicador de bit $\left\lceil \log_2(K_1) \right\rceil$, donde el NNZCC máximo que ha de ser notificado está restringido a K_1 por capa.

En otro ejemplo, el indicador de coeficiente más fuerte para todas las capas RI es notificado conjuntamente por el UE y representado por un indicador de bit $\left\lceil \log_2\left(\sum_{l=0}^{RI-1} NZ_l\right) \right\rceil$. Esta indicación de bit junto con el mapa de bits en la parte 2 de UCI se utiliza para identificar los coeficientes de combinación más fuertes por capa.

Notificación de indicador o indicadores de subconjunto base de DD

De acuerdo con una realización, el UE está configurado para notificar el o los indicadores de subconjunto base de DD que indican los vectores de retardo seleccionados del segundo libro de códigos para cada capa de la matriz CSI en la parte 2 de la notificación de CSI. En un ejemplo, el indicador de subconjunto base de DD para cada capa está dado por un mapa de bits de tamaño N_3 , donde cada bit en el mapa de bits está asociado con un vector de retardo del segundo libro de códigos.

Un "1" puede indicar que el vector de retardo asociado está seleccionado, y un "0" puede indicar que el vector de retardo asociado no está seleccionado. En otro ejemplo, el indicador de subconjunto base de DD para la l -ésima capa está dado por un indicador de bit $\left\lceil \log_2\left(\frac{N_3}{D^{(l)}}\right) \right\rceil$. En las siguientes realizaciones ejemplares se presentan diferentes esquemas de notificación para los indicadores de subconjunto base de DD que reducen la sobrecarga de retroalimentación de la notificación de CSI.

De acuerdo con la invención reivindicada, el UE está configurado para determinar un subconjunto base de dominio de retardo común (CDD) de los vectores de retardo seleccionados en todas las capas, y para indicar los vectores de retardo del subconjunto base de CDD mediante un Indicador de subconjunto base de CDD en la notificación de CSI. Además, el UE está configurado para indicar los vectores de retardo seleccionados del subconjunto base de CDD para cada capa mediante un indicador de subconjunto base de dominio de retardo específico de capa (LDD) en la notificación de CSI.

En un ejemplo, no cubierto por la invención reivindicada, el indicador de subconjunto base de CDD está dado por un mapa de bits de tamaño N_3 , donde el mapa de bits contiene $D-1$ y cada bit en el mapa de bits está asociado con un vector de retardo del segundo libro de códigos.

Un "1" puede indicar que el vector de retardo asociado está seleccionado, y un "0" puede indicar que el vector de retardo asociado no está seleccionado.

En otro ejemplo, el indicador de subconjunto base de CDD está dado por un indicador de bit $\left\lceil \log_2\left(\frac{N_3}{D}\right) \right\rceil$,

donde $D < N_3$ indica el número total de vectores de retardo seleccionados por el UE en todas las capas.

De acuerdo con la invención reivindicada, el indicador de subconjunto base de CDD está representado por dos valores D y D_{in} , donde D define el número de elementos del subconjunto base de CDD, y D_{in} representa el primer índice de los D vectores de retardo seleccionados $[d_{\text{mod}(D_{in}, N_3)}, d_{\text{mod}(D_{in}+1, N_3)}, \dots, d_{\text{mod}(D_{in}+D-1, N_3)}]$ del segundo libro de códigos.

En las Figuras 1A y 1B se muestran ejemplos del subconjunto base de CDD configurado por D y D_{in} .

La Figura 1A ilustra un ejemplo de un subconjunto base de CDD para los valores: $N_3 = 13$, $D = 7$ y $D_{in} = 12$.

El subconjunto base de CDD contiene $D = 7$ FD vectores base $[d_{\text{mod}(D_{in}, N_3)}, d_{\text{mod}(D_{in}+1, N_3)}, \dots, d_{\text{mod}(D_{in}+D-1, N_3)}] = [d_{12}, d_{13}, d_1, d_2, d_3, d_4, d_5]$, seleccionados en el segundo libro de códigos de tamaño $N_3 = 13$. El índice del primer vector FD del subconjunto CDD está dado por $D_{in} = 12$.

La Figura 1B ilustra otro ejemplo de un subconjunto base de CDD para los valores: $N_3 = 13$, $D = 8$ y $D_{in} = 9$.

El subconjunto base de CDD contiene $D = 8$ vectores base de FD $[d_{\text{mod}(D_{in}, N_3)}, d_{\text{mod}(D_{in}+1, N_3)}, \dots, d_{\text{mod}(D_{in}+D-1, N_3)}] = [d_9, d_{10}, d_{11}, d_{12}, d_{13}, d_1, d_2, d_3]$, seleccionados en el segundo libro de códigos de tamaño $N_3 = 13$. El índice del primer vector FD del subconjunto CDD está dado por $D_{in} = 9$.

En un ejemplo, el indicador de subconjunto LDD está dado por un mapa de bits de tamaño D y cada bit en el mapa de bits está asociado con un vector de retardo del subconjunto base de CDD. Un "1" puede indicar que el vector de retardo asociado se selecciona del subconjunto base de CDD, y un "0" puede indicar que el vector de retardo asociado no se selecciona del subconjunto base de CDD. En otro ejemplo, el indicador de

subconjunto LDD está dado por un indicador de bit $\left\lceil \log_2 \left(\frac{\bar{D}}{D^{(l)}} \right) \right\rceil$.

De acuerdo con una realización, para la indicación del tamaño de la carga útil del indicador de subconjunto base de CDD en la parte 2 de la notificación de CSI, el UE está configurado para notificar el parámetro D en la parte 1 de la notificación de CSI. Además, el UE está configurado para notificar (si está disponible) el parámetro D_{in} en la parte 2 de CSI.

De acuerdo con una realización, para reducir la sobrecarga de retroalimentación de la parte 1 de la notificación de CSI, el gNB configura el UE con el parámetro D (y, por lo tanto, no se notifica en la parte 1 de CSI), o el parámetro D es a priori conocido en la UE (y por lo tanto no notificado en la parte 1 de CSI).

De acuerdo con una realización, para reducir la sobrecarga de retroalimentación de la parte 1 de notificación de CSI, el UE está configurado con el o los parámetros D_r por el gNB para cada rango RI posible de la matriz CSI (y por lo tanto no para notificar el parámetro D_r en la parte 1 de CSI), o el o los parámetros D_r son, por ejemplo, conocidos a priori en el UE (y por lo tanto no notificados).

De acuerdo con una realización, para reducir la sobrecarga de retroalimentación de la parte 1 de la notificación de CSI, el UE está configurado con el o los parámetros D_r por el gNB para cada rango RI posible de la matriz CSI (y por lo tanto no para notificar el parámetro D_r en la parte 2 de CSI), o el o los parámetros D_r son, por

ejemplo, conocidos a priori en el UE (y por lo tanto no notificados). En un ejemplo, $\bar{D}_{in,r} = N_3 - \left\lceil \frac{N_3}{2} \right\rceil + q$, donde $q \in \{1, 2, \dots\}$ es un número entero.

De acuerdo con una realización, para reducir la sobrecarga de retroalimentación de la notificación de CSI (parte 1 y parte 2), el UE está configurado para recibir el indicador de subconjunto base de CDD del gNB, y no para notificar el indicador de subconjunto base de CDD en la parte 2 de CSI. El indicador de subconjunto base de CDD configurado por el gNB puede ser específico de rango, y el gNB configura para cada rango RI $\in \{1, 2, 3, 4\}$ de la matriz CSI un indicador de subconjunto base de CDD.

En un ejemplo, el indicador de subconjunto base de CDD está configurado por el gNB está dado por un mapa de bits de tamaño N_3 , donde el mapa de bits contiene D 1 y cada bit en el mapa de bits está asociado con un vector de retardo del segundo libro de códigos

Un "1" puede indicar que el vector de retardo asociado está seleccionado, y un "0" puede indicar que el vector de retardo asociado no está seleccionado. En otro ejemplo, el indicador de subconjunto base de CDD está configurado por un indicador de bit $\left\lceil \log_2 \left(\frac{N_3}{\bar{D}} \right) \right\rceil$, donde el parámetro D indica el número total de vectores de

retardo seleccionados por el UE en todas las capas y está configurado por el gNB.

De acuerdo con una realización, para reducir la sobrecarga de retroalimentación de la notificación de CSI (parte 1 y parte 2), el UE está configurado para seleccionar los vectores de retardo para cada capa de un indicador de subconjunto base de CDD conocido a priori (por ejemplo, conocido por la especificación estándar 3GPP), y no para notificar el indicador de subconjunto base de CDD en la parte 2 de CSI.

De acuerdo con una realización, para reducir la sobrecarga de retroalimentación de la notificación de CSI (parte 2), el UE está configurado para seleccionar el indicador de subconjunto base de CDD de múltiples subconjuntos base de CDD conocidos a priori de diferentes tamaños y para indicar en la parte 1 de CSI el tamaño del subconjunto base de CDD seleccionado. Los conjuntos de indicadores de subconjunto base de CDD están configurados en una capa superior o son conocidos en el UE (definidos por especificación).

De acuerdo con una realización, para reducir la sobrecarga de retroalimentación de la notificación de CSI (parte 1 y parte 2), el UE está configurado para seleccionar el indicador de subconjunto base de CDD de N conjuntos de indicadores de subconjunto base de CDD de igual tamaño conocidos a priori, e indicar en la parte 2 de la notificación de CSI el subconjunto base de CDD seleccionado y en la parte 1 de CSI el tamaño del subconjunto base de CDD seleccionado. Como ejemplo, el indicador de subconjunto base de CDD seleccionado en la parte

2 de CSI puede representarse mediante un indicador de bit $\lceil \log_2 N \rceil$.

De acuerdo con una realización, el UE está configurado para realizar una operación de cambio de módulo N_3 en todos los índices de retardo de los vectores en el subconjunto base de DD seleccionado de una capa con respecto al índice de retardo asociado con el indicador de coeficiente más fuerte de la capa. Téngase en cuenta que esta operación de cambio no repercute en el rendimiento del precodificador definido por la matriz CSI y el subconjunto base de DD cambiado. Después de aplicar esta operación de cambio, el índice de retardo asociado con el coeficiente más fuerte siempre se asocia con un índice de retardo conocido, por ejemplo el primer índice de retardo.

En consecuencia, no es necesario notificar el primer índice de retardo, y el indicador de subconjunto base de DD para la l-ésima capa está dado por un mapa de bits de tamaño $(N_3 - 1)$, un indicador de bit $\lceil \log_2 \left(\binom{N_3}{D^{(l)} - 1} \right) \rceil$ o un indicador de bit $\lceil \log_2 \left(\binom{N_3 - 1}{D^{(l)} - 1} \right) \rceil$. Además, como el coeficiente más fuerte siempre se asocia con el primer retardo, el indicador de coeficiente más fuerte se puede representar mediante un indicador de bit $\lceil \log_2(2U^{(l)}) \rceil$ para indicar la fila del mapa de bits asociada con el coeficiente más fuerte.

De acuerdo con una realización, el UE está configurado para realizar una operación de cambio de módulo D en todos los índices de retardo de los vectores en el subconjunto base de LDD seleccionado con respecto al índice de retardo asociado con el coeficiente más fuerte de la capa. Téngase en cuenta que, de modo similar al arriba indicado, esta operación de cambio no repercute en el rendimiento del precodificador definido por la matriz CSI y el o los subconjuntos base de LDD cambiados. Después de aplicar esta operación de cambio, el índice de retardo asociado con el coeficiente más fuerte siempre se asocia con el primer índice de retardo.

En consecuencia, no es necesario notificar el primer índice de retardo, y el indicador de subconjunto base de LDD para la l-ésima capa está dado por un mapa de bits de tamaño $(D - 1)$, un indicador de bit $\lceil \log_2 \left(\binom{\bar{D}}{D^{(l)} - 1} \right) \rceil$ o un indicador de bit $\lceil \log_2 \left(\binom{\bar{D} - 1}{D^{(l)} - 1} \right) \rceil$. De forma similar, el indicador de subconjunto base

e CDD puede representarse mediante un indicador de bit $\lceil \log_2 \left(\binom{N_3}{\bar{D} - 1} \right) \rceil$ o un indicador de bit $\lceil \log_2 \left(\binom{N_3 - 1}{\bar{D} - 1} \right) \rceil$.

Notificación de D'

De acuerdo con una realización, para ahorrar aún más la sobrecarga de retroalimentación, el UE puede notificar un valor $D^{(l)'} (\leq D^{(l)})$ en la parte 1 de UCI que indica que el mapa de bits asociado de la l-ésima la capa contiene solo $D^{(l)'}$ columnas, en lugar de $D^{(l)}$ columnas.

Por ejemplo, si el valor configurado de $D^{(l)} = 7$, y las últimas 2 columnas del mapa de bits asociado con la l-ésima capa contienen solo ceros, la parte del mapa de bits que contiene solo ceros se elimina de la parte 2 de UCI. De este modo, el tamaño del mapa de bits se reduce de $2U^{(l)} \times D^{(l)}$ a $2U^{(l)} \times D^{(l)'}$ y se logra un ahorro de

sobrecarga de retroalimentación. El valor $D^{(l)'}$ puede indicarse en la parte 1 de UCI.

- En un ejemplo, el UE puede indicar $D^{(l)'}$ mediante el indicador de 1 bit por capa. Entonces, $D^{(l)'}$ puede restringirse a $D^{(l)'} = \gamma D^{(l)}$, donde $\gamma \in (0,1)$. Algunos ejemplos de γ están dados por $\gamma = \{\frac{1}{2}, \frac{3}{4}\}$. Cuando se establece el indicador de 1 bit, $D^{(l)'} = D^{(l)}$, de lo contrario, $D^{(l)'} = \gamma D^{(l)}$.

En otro ejemplo, el UE puede indicar $D^{(l)'}$ mediante un indicador de 1 bit para todas las capas. Cuando se establece el indicador de 1 bit, $D^{(l)'} = D^{(l)}$ para todas las capas, de lo contrario, $D^{(l)'} = \gamma D^{(l)}$ para todas las capas.

- De acuerdo con una realización, el $D^{(l)'}$ seleccionado puede ser indicado por el UE mediante puntos de código no utilizados de otros parámetros UCI 1. Por ejemplo, los puntos de código utilizados para la indicación del número de coeficientes de combinación distintos de cero pueden utilizarse para notificar además el indicador de 1 bit para todas las capas. Por ejemplo, cuando $K_0 = 42$, el número total de coeficientes de combinación distintos de cero en las cuatro capas es 84, y se utilizan 7 bits para indicar el número de coeficientes de combinación distintos de cero. De los 128 puntos de código, 46 puntos de código no se utilizan y se pueden emplear para la indicación del valor seleccionado de $D^{(l)'}$. A continuación se proporcionan diferentes ejemplos. En un caso, los puntos de código 1 a 84 indican el número seleccionado de coeficientes de combinación distintos de cero e indican que $D^{(l)'} = D^{(l)}$ para todas las capas, y los puntos de código restantes 85 a 128 indican los números seleccionados de coeficientes de combinación distintos de cero 1 a 44, y que $D^{(l)'} = \gamma D^{(l)}$ para todas las capas. En otro caso, los puntos de código 1 a 84 indican el número seleccionado de coeficientes de combinación distintos de cero e indican que $D^{(l)'} = D^{(l)}$ para todas las capas, y los puntos de código restantes 85 a 128 indican los números seleccionados de coeficientes de combinación distintos de cero 1, 3, 5 a 83, y que $D^{(l)'} = \gamma D^{(l)}$ para todas las capas. En un caso, los puntos de código 1 a 84 indican el número seleccionado de coeficientes de combinación distintos de cero e indican que $D^{(l)'} = D^{(l)}$ para todas las capas, y los puntos de código restantes 85 a 128 indican los números seleccionados de coeficientes de combinación distintos de cero 2, 4, 6 a 84, y que $D^{(l)'} = \gamma D^{(l)}$ para todas las capas.

Indicación de suficiencia de base

- De acuerdo con una realización, el UE puede configurarse para notificar un indicador de suficiencia de base FD en la notificación de CSI, el indicador de suficiencia de base FD indica si la configuración de los valores K (o K_1 o K_2 o $K^{(l)}$) o $D^{(l)}$ o $(D^{(l,r)})$ o N_3 es suficiente para calcular la matriz CSI.

- Cuando una dispersión de retardo del canal de propagación es grande y el valor configurado de N_3 es demasiado pequeño, el cálculo de la matriz CSI se ve influenciado por dispersión por repliegue del espectro. Además, cuando los valores configurados de K (o K_1 o K_2 o $K^{(l)}$) o $D^{(l)}$ o $(D^{(l,r)})$ pueden ser demasiado pequeños, es posible que el UE no pueda calcular la matriz CSI.

A continuación se presentan ejemplos para el indicador de suficiencia de base FD.

- En un ejemplo, el UE puede configurarse para notificar el indicador de suficiencia de base explícitamente en la parte 1 de UCI. Por ejemplo, el UE puede configurarse para indicar explícitamente el indicador de suficiencia de base usando un indicador de 1 bit en la parte 1 de UCI.
- Un '1' del indicador de bit puede indicar que los valores configurados K (o K_1 o K_2 o $K^{(l)}$) y/o $D^{(l)}$ o $(D^{(l,r)})$ son suficientes, y un '0' puede indicar que los valores K (o K_1 o K_2 o $K^{(l)}$) y/o $D^{(l)}$ o $(D^{(l,r)})$ no son suficientes.

En otro ejemplo, el UE puede configurarse para indicar implícitamente la indicación de suficiencia de base al notificar un cero para el NNZCC en la parte 1 de UCI.

- En otro ejemplo, el UE puede configurarse para indicar implícitamente la indicación de suficiencia de base al notificar un valor de dos para el NNZCC en la parte 1 de UCI.

- De acuerdo con una realización, cuando el UE puede configurarse para indicar a través del indicador de suficiencia de base en la parte 1 de UCI que si uno de los valores de K (o K_1 o K_2 o $K^{(l)}$) y/o $D^{(l)}$ o $(D^{(l,r)})$ no es suficiente, el UE está configurado para eliminar o eliminar parcialmente la parte 2 de UCI.

En un ejemplo, el UE puede configurarse para eliminar completamente la parte 2 de UCI.

- En otro ejemplo, el UE puede configurarse para notificar solo los subconjuntos de base SD seleccionados en la parte 2 de UCI.

En otro ejemplo, el UE puede configurarse para notificar un único vector base de SD seleccionado junto con los dos coeficientes de combinación distintos de cero seleccionados por capa.

65

En otro ejemplo, el UE puede configurarse para notificar un único vector base de SD seleccionado junto con los dos coeficientes de combinación distintos de cero seleccionados únicamente para la primera capa.

- 5 Cuando el UE indica una indicación de suficiencia de base de FD en la notificación de UCI, el gNB puede configurar el UE con valores más grandes de K (o K_1 o K_2 o $K^{(l)}$) y/o $D^{(l)}$ o $(D^{(l,n)})$ o N_3 para futuras notificaciones de CSI.

Notificación de indicador o indicadores de subconjunto base de SD

- 10 De acuerdo con una realización, el UE está configurado para determinar un subconjunto base de dominio espacial específico de capa (LSD, por sus siglas en inglés) de los vectores de haz seleccionados y para indicar los vectores de haz en la notificación de CSI (parte 2). El indicador de subconjunto base de LSD está dado por

un indicador de bit $\left\lceil \log_2 \left(\frac{N_1 N_2}{U^{(l)}} \right) \right\rceil$ para la l -ésima capa. Cuando el UE está configurado con un solo parámetro

- 15 U , que representa el número de haces por capa, el indicador de subconjunto base de LSD $\left\lceil \log_2 \left(\frac{N_1 N_2}{U} \right) \right\rceil$ es idéntico en todas las capas y se notifica una vez. Como se demuestra, mediante las realizaciones de la presente memoria se logran varias ventajas.

- 20 A continuación se muestra un resumen del método realizado por un UE de acuerdo con la invención reivindicada y con referencia a la Figura 2, que representa un diagrama de flujo de un método realizado por el UE. Como se muestra, el método realizado por el UE comprende:

(201) recibir desde un nodo de red, gNB, una señal de radio a través de un canal MIMO, en donde la señal de radio contiene al menos una señal de referencia DL según una configuración de señal de referencia DL;

- 25 (202) estimar dicho canal MIMO sobre la base de dicha al menos una señal de referencia DL recibida para subbandas configuradas;

- 30 (203) calcular una matriz de precodificación o una matriz CSI para varios puertos de antena del gNB y subbandas configuradas; estando basada la matriz de precodificación en un primer libro de códigos y en un segundo libro de códigos y un conjunto de coeficientes de combinación para escalar/combinar de forma compleja uno o más vectores seleccionados del primer libro de códigos y el segundo libro de códigos;

donde,

- 35 - el primer libro de códigos contiene uno o más componentes de haz espacial del lado de transmisión de la matriz de precodificación,

- 40 - el segundo libro de códigos contiene uno o más componentes de retardo de la matriz de precodificación, y

(204) notificar, al gNB, una notificación de retroalimentación de CSI y/o un Indicador de matriz de precodificación, PMI y/o un Indicador de Rango/PMI, PMI/RI, utilizado para indicar la matriz de precodificación o la matriz CSI para los puertos de antena configurados y subbandas.

- 45 De acuerdo con una realización, y como se ha descrito anteriormente, el método comprende recibir una configuración del gNB, comprendiendo dicha configuración una configuración de notificación de CSI que incluye al menos un parámetro de capa superior, $D^{(l)}$, que representa una cantidad de retardos por capa, utilizada para la configuración de la matriz de precodificación o matriz CSI.

- 50 Según una realización, el número de retardos $D^{(l)}$ es independiente de la capa e idéntico para todas las capas, de manera que $D^{(l)} = D$, y configurando el UE con un único parámetro D para la configuración de la matriz de precodificación o matriz CSI.

De acuerdo con una realización, el número de retardos $D^{(l)}$ se configura para subconjuntos de capas, por

- 55 ejemplo para un primer subconjunto de capas, por ejemplo una primera y segunda capas), $D^{(1)} = \left\lceil \alpha_1 D^{(0)} \right\rceil$, y para un segundo subconjunto de capas, por ejemplo una tercera capa o la tercera capa y una cuarta capa), $D^{(3)} = \left\lceil \alpha_2 D^{(2)} \right\rceil$, y recibir del gNB una señal que incluye dos parámetros $D^{(0)}$ y $D^{(2)}$ para la configuración de la matriz de precodificación.

- 60 El método comprende además recibir una configuración del gNB, configuración que incluye un solo parámetro

$D^{(0)}$ para una primera capa, y derivar el o los parámetros $D^{(l)}$, $l > 0$ para las capas restantes.

Según una realización, la configuración de los retardos depende del Indicador de Rango (RI) de la matriz de precodificación o la matriz CSI.

5

De acuerdo con otra realización, el método comprende recibir una configuración del gNB, comprendiendo dicha configuración una configuración de notificación de CSI que incluye al menos un parámetro de capa superior, $U^{(l)}$, que representa la cantidad de haces espaciales para la l-ésima capa, utilizada para la configuración de la matriz de precodificación o la matriz CSI. Como se ha descrito anteriormente, el parámetro U de capa superior es una capacidad del UE; y el método comprende indicar el intervalo de valores soportados para el parámetro U al gNB.

10

De acuerdo con una realización, para $RI > 1$, el método comprende recibir una configuración del gNB que indica un solo parámetro K_1 que indica el número máximo de coeficientes de combinación distintos de cero para cada capa; y asignar por el UE el número de coeficientes de combinación distintos de cero por capa tal que

15

$\sum_{l=0}^{RI-1} K^{(l)} \leq 2K_1$, y notificar al gNB el número de coeficientes distintos de cero por capa o el número total de coeficientes de combinación distintos de cero en todas las capas. Para $RI > 1$, el método comprende recibir una configuración del gNB que indica un solo parámetro K_2 , sobre la base del cual el UE asigna el número de

coeficientes de combinación distintos de cero por capa tal que $\sum_{l=0}^{RI-1} K^{(l)} \leq 2K_2$, y notifica el número de coeficientes de combinación distintos de cero por capa o el número total de coeficientes de combinación distintos de cero en todas las capas al gNB.

20

El método puede comprender además el uso de una estrategia de dos etapas para reducir la sobrecarga general para notificar los mapas de bits de todas las capas, en donde, en una primera etapa, el UE determina un mapa de bits conjunto de tamaño $U_g \times D_g$ por la unión de mapas de bits individuales a través de las capas, y notificar al gNB el número de '1' en el mapa de bits conjunto, y en donde en una segunda etapa, notifica al gNB una indicación de los índices de los coeficientes de combinación distintos de cero seleccionados asociados con el mapa de bits conjunto.

25

El método puede comprender además notificar en una UCI (Información de Control de Enlace Ascendente) parte 2, una indicación de vectores base de Dominio Espacial, SD, y/o Dominio de Frecuencia, FD, seleccionados asociados con el mapa de bits conjunto.

30

El método puede comprender además determinar por capa un mapa de bits eficaz de tamaño $U_e^{(l)} \times D_e^{(l)}$, donde $U_e^{(l)} \leq 2U^{(l)}$ y $D_e^{(l)} \leq D^{(l)}$, en donde los mapas de bits eficaces se notifican en la parte 2 de CSI y en donde cada mapa de bits eficaz contiene solo filas distintas de cero y/o columnas distintas de cero, e indicar en la parte 2 de CSI una indicación de los vectores base de SD seleccionados asociados con el mapa de bits eficaz por capa y/o una indicación de los vectores base de FD seleccionados asociados con el mapa de bits eficaz por capa.

35

40

El método puede comprender además indicar los tamaños de los mapas de bits eficaces para todas las capas en la parte 1 de UCI.

De acuerdo con la invención reivindicada, el método comprende además determinar un subconjunto base de Dominio de Retardo Común (CDD, por sus siglas en inglés) de vectores de retardo seleccionados en todas las capas, e indicar los vectores de retardo del subconjunto base de CDD mediante un Indicador de subconjunto base de CDD en la notificación de CSI.

45

De acuerdo con la invención reivindicada, el método comprende además indicar los vectores de retardo seleccionados del subconjunto base de CDD para cada capa mediante un indicador de subconjunto base de dominio de retardo específico de capa, LDD, en la notificación de CSI.

50

El método puede comprender además realizar una operación de cambio de módulo N_3 en todos los índices de retardo de los vectores en un subconjunto base de Dominio de Retardo (DD) seleccionado de una capa con respecto a un índice de retardo asociado con el indicador de coeficiente más fuerte de la capa.

55

Las siguientes realizaciones de la presente invención para reducir la complejidad de cálculo del UE para calcular la matriz de precodificación y para reducir la sobrecarga de retroalimentación se describen ahora con más detalle. Se ha de señalar que a continuación se describen varias realizaciones, básicamente, independientes entre sí, sin embargo, las realizaciones descritas a continuación pueden implementarse individualmente o en combinación con las realizaciones anteriores. En otras palabras, algunas de las

60

realizaciones descritas o todas ellas pueden combinarse, a menos que se excluyan mutuamente.

Primero se presentan las realizaciones seguidas de una descripción detallada de las diferentes realizaciones.

- 5 De acuerdo con una realización, el método realizado por el UE comprende además seleccionar y notificar un parámetro D_{in} que representa un primer índice del vector de retardo en el subconjunto base de CDD, de modo que el primer vector de retardo asociado con el índice 0 se incluye en el subconjunto de CDD.

- De acuerdo con una realización, no cubierta por la invención reivindicada, el UE está configurado para notificar
10 el parámetro D_{in} usando un indicador de bit $\lceil \log_2 N_3 \rceil$.

- De acuerdo con la invención reivindicada, el intervalo de valores del parámetro D_{in} se reduce de valores N_3 a D , y puede definirse por $D_{in} = \text{mod}(d_{SCI} - D + 1 + n, N_3)$, $n \in [0, D - 1]$, en donde d_{SCI} es el índice del vector
15 base de FD asociado con el SCI, y el UE está configurado para notificar D_{in} usando un indicador de bit $\lceil \log_2 \bar{D} \rceil$.

- De acuerdo con la invención reivindicada, el intervalo de valores del parámetro D_{in} se reduce de valores N_3 a D , y puede definirse por $D_{in} = \text{mod}(N_3 - D + 1 + n, N_3)$, $n \in [0, D - 1]$, y el UE está configurado para notificar D_{in}
20 utilizando un indicador de bit $\lceil \log_2 \bar{D} \rceil$.

- De acuerdo con una realización, el intervalo de valores del parámetro n se reduce de valores D a d' , y d' está configurado en una capa superior o es conocido a priori o determinado por el UE para parámetros dados N_3
y/o D , y en donde el UE notifica el valor n utilizando un indicador de bit $\lceil \log_2 d' \rceil$.

- 25 De acuerdo con otra realización más, el intervalo de valores del parámetro D_{in} se reduce de valores D a d' , en donde el parámetro D_{in} está definido por $D_{in} = N_3 - \left\lfloor \frac{\bar{D}}{2} \right\rfloor + q$, en donde el intervalo de valores de $q \in \mathbb{Z}$ está limitado a los valores d' y d' está configurado en una capa superior o es conocido a priori o determinado por el UE para parámetros dados N_3 y/o D , y en donde el valor q es notificado por el UE usando un indicador de bit
30 $\lceil \log_2 d' \rceil$.

- Según una realización, el intervalo de valores del parámetro q está configurado en una capa superior o es fijo y conocido a priori por el UE o determinado por el UE en función de los valores N_3 y D configurados.

- De acuerdo con una realización, cada uno de los puntos de código d' está representado por un indicador de bit
35 $\lceil \log_2 d' \rceil$, donde el primer punto de código está representado por $\lceil \log_2 d' \rceil$ -ceros y está asociado con el valor entero más pequeño en el intervalo de valores de q , y en donde los valores restantes en el conjunto predefinido de valores d' se hacen corresponder con puntos de código en orden creciente.

- Según una realización, si el valor 0 está contenido en el intervalo de valores de q , el valor cero se hace
40 corresponder con el primer punto de código, representado por $\lceil \log_2 d' \rceil$ -ceros. Según una realización, la notificación del parámetro D_{in} puede depender del rango de transmisión y, para una transmisión de rango bajo, el parámetro D_{in} puede ser fijo y, por lo tanto, no notificarse.

- De acuerdo con una realización, D_{in} puede estar dado por $\bar{D}_{in} = N_3 - \left\lfloor \frac{\bar{D}}{2} \right\rfloor + q$, $q \in \mathbb{Z}$, donde el valor de q es
45 conocido a priori por el UE o capa superior configurada y en donde el rango de transmisión bajo es en un caso $R' = 1$ o, en otro caso, $R' \in \{1, 2\}$.

- De acuerdo con una realización, el valor de D_{in} se notifica cuando el rango de transmisión es mayor que un
50 valor umbral.

- De acuerdo con una realización, el valor de D_{in} se notifica cuando el valor configurado de D es menor que un
valor umbral.

- Según una realización, el parámetro D , que define el tamaño del subconjunto base de CDD, depende del rango
55 de transmisión, en donde el tamaño del subconjunto base de CDD aumenta al aumentar el rango de transmisión.

De acuerdo con otra realización, el tamaño del subconjunto base de CDD D depende del número configurado de vectores base de Dominio Espacial (SD), donde el valor de D configurado para una mayor cantidad de vectores base de SD es menor que el valor de D configurado para una menor cantidad de vectores base de SD.

De acuerdo con otra realización, el UE está configurado para indicar un número de coeficientes de combinación distintos de cero en todas las capas, dado por $\sum_{l=0}^{RI-1} NZ_l$, en la parte 1 de CSI por $\sum_{l=0}^{RI-1} NZ_l - RI$.

A continuación se presenta una descripción detallada de las realizaciones arriba descritas.

Notificación de indicador o indicadores de subconjunto base de DD

De acuerdo con la invención reivindicada, el subconjunto base de CDD está definido por dos valores D y D_{in} , donde D indica el número de elementos en el subconjunto base de CDD, y D_{in} representa el primer índice de los D vectores de retardo seleccionados. Los índices en el subconjunto base de CDD son continuos y se pueden calcular a partir de D , N_3 y D_{in} como

$$\text{mod}(\bar{D}_{in} + n, N_3), n = 0, 1, \dots, \bar{D} - 1$$

De acuerdo con una realización, el indicador de subconjunto base de dominio de retardo común, CDD, que indica un subconjunto continuo común de vectores de retardo en todas las capas, está definido por el parámetro D_{in} que representa el primer índice del vector de retardo del subconjunto base de CDD y el parámetro D que representa el número de vectores de retardo del subconjunto base de CDD.

Intervalo de valores del parámetro D_{in}

El UE selecciona el índice de inicio del subconjunto base CDD $\bar{D}_{in}$ del conjunto de tamaño N_3 $[0, 1, \dots, N_3 - 1]$.

De acuerdo con una realización, el UE está configurado para notificar el valor seleccionado de D_{in} usando un indicador de bit $\lceil \log_2 N_3 \rceil$.

De acuerdo con una realización, el UE está configurado para seleccionar y notificar el parámetro D_{in} de tal modo que el vector base de FD asociado con el SCI (que no es necesariamente el primer vector base de FD) se incluye en el subconjunto base de CDD. De este modo, y de acuerdo con una realización, el intervalo de valores de D_{in} se reduce de valores N_3 a D y está dado por una función de N_3 y D , y está definido por la ecuación (1):

$$\text{mod}(d_{SCI} - \bar{D} + 1 + n, N_3), n \in [0, \bar{D} - 1] \quad (1)$$

donde d_{SCI} es el índice del vector base de FD asociado al SCI.

Cuando se obliga al UE a realizar un cambio cíclico en los coeficientes de combinación seleccionados y los vectores base de FD seleccionados por capa con respecto al vector base de FD que está asociado con el SCI

(por ejemplo, cuando el SCI está dado por un indicador de bit $\lceil \log_2(2U) \rceil$, véase más arriba), el vector base de FD asociado con el coeficiente de combinación más fuerte por capa se cambia cíclicamente al vector base de FD índice 0. Después de realizar la operación de cambio cíclico por parte del UE, el primer vector base de FD (correspondiente al índice 0) se asocia con el coeficiente de combinación más fuerte. Por lo tanto, de acuerdo con una realización, el parámetro D_{in} es seleccionado por el UE de manera que el subconjunto base de CDD contiene el primer vector base de FD que está asociado con el índice 0, véase la **Figura 3**.

La Figura 3 ilustra el subconjunto base de CDD seleccionado de tamaño $\bar{D} = 8$ con $D_{in} = 22$. El vector base 0 de FD se incluye cuando D_{in} está dado por uno de los valores del conjunto $[19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 0]$.

La **Tabla 1** muestra el intervalo de valores correspondiente de D_{in} para diferentes valores de N_3 y D . Se puede observar que el intervalo de valores de D_{in} depende de N_3 y D .

Tabla 1: Valores de D_{in} para diferentes combinaciones de N_3 y D

N_3	D	Valores de D_{in}
26	6	$[0, 21, 22, 23, 24, 25]$

N_3	D	Valores de D_{in}
	8	[0, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25]
	10	[0, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25]
	12	[0, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25]
38	8	[0, 33, 34, 35, 36, 37]
	10	[0, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37]
	13	[0, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37]
	16	[0, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37]

- De acuerdo con una realización, cuando el UE está configurado para realizar una operación de cambio cíclico en los coeficientes de combinación seleccionados y los vectores base de FD seleccionados por capa con respecto al vector base de FD que está asociado con el SCI, el UE se configura para seleccionar y notificar el parámetro D_{in} de tal modo que el primer vector base de FD (asociado con el índice 0) se incluye en el subconjunto base de CDD. De este modo, y de acuerdo con una realización, el intervalo de valores de D_{in} se reduce de valores N_3 a D y está dado por una función de N_3 y D , y está definido por la ecuación (2):

$$\text{mod}(N_3 - \bar{D} + 1 + n, N_3), n \in [0, \bar{D} - 1] \quad (2)$$

10

De acuerdo con una realización, el UE puede configurarse para notificar D_{in} usando un indicador de bit $\lceil \log_2 \bar{D} \rceil$.

- De acuerdo con otra realización, en lugar de notificar D_{in} en la ecuación (1) o la ecuación (2), el valor seleccionado de n se notifica utilizando un indicador de bit $\lceil \log_2 \bar{D} \rceil$.

15

Reducción adicional del intervalo de valores de D_{in}

- Como se muestra en las Ecuaciones (1) y (2), el tamaño del indicador de bit para notificar el valor de D_{in} depende del tamaño del subconjunto de CDD D . Por lo tanto, la sobrecarga de retroalimentación para notificar D_{in} aumenta con valores crecientes de D . Para desacoplar la sobrecarga de retroalimentación del tamaño de subconjunto de CDD, el intervalo de valores D_{in} puede limitarse a valores d' , de modo que el indicador de bit correspondiente para D_{in} tenga un tamaño fijo.

20

- De acuerdo con una realización, el valor del índice de inicio del subconjunto de CDD D_{in} se notifica utilizando un indicador de bit $\lceil \log_2 d' \rceil$. El intervalo de valores de D_{in} está definido por los valores d' , donde el parámetro d' está configurado en una capa superior o es conocido a priori o determinado por el UE para los parámetros dados N_3 y/o D .

25

- La **Figura 4** muestra la distribución de los valores D_{in} seleccionados para una configuración ejemplar de $N_3 = 26$, $D = 8$ y $D = 4$ para una transmisión de rango 4. Aunque los valores D_{in} seleccionados se distribuyen en todo el intervalo permitido de D_{in} , los índices que se encuentran en el centro del intervalo permitido de D_{in} se seleccionan con mayor probabilidad que los índices restantes.

30

- Por lo tanto, el intervalo de valores de D_{in} puede estar definido por aquellos valores que se seleccionan con alta probabilidad. También se puede observar que para los valores de D_{in} que se seleccionan con alta probabilidad, el subconjunto base de CDD se centra con el índice 0 de FD que se asocia con el coeficiente más fuerte.

35

- De acuerdo con una realización, el intervalo de valores del parámetro n se reduce de valores D a d' , y d' está configurado en una capa superior o es conocido a priori o determinado por el UE para parámetros dados N_3 y/o D , y en donde el UE notifica el valor n utilizando un indicador de bit $\lceil \log_2 d' \rceil$.

40

- De acuerdo con una realización, el valor del índice de inicio del subconjunto de CDD D_{in} se notifica utilizando un indicador de bit $\lceil \log_2 d' \rceil$, donde el parámetro D_{in} está definido por la ecuación (3):

45

$$\bar{D}_{in} = N_3 - \left\lfloor \frac{\bar{D}}{2} \right\rfloor + q, \quad (3)$$

donde $q \in \mathbb{Z}$, y el intervalo de valores de q está definido por valores d' . De acuerdo con una realización, el parámetro d' está configurado en una capa superior o es conocido a priori o determinado por el UE para parámetros dados N_3 y/o D .

- 5 Por ejemplo, para $d' = 4$, $q \in [-2, -1, 0, 1]$ y para $d' = 2$, $q \in [-2, -1]$, y el gNB configura bien $d' = 4$, bien $d' = 2$ al UE para el intervalo de valores de q .

En un caso, $d' = 2^{d''}$, donde $d'' \in \mathbb{Z}^+$. En otro caso, d' es un valor de número par. En otro caso, d' es fijo y está

dado por $d' = 2$ o $d' = 4$. En otro caso, d' está dado por $d' = \left\lfloor \frac{\bar{D}}{2} \right\rfloor$ o $d' = \left\lfloor \frac{\bar{D}}{2} \right\rfloor$. En otro caso, $d' = D$.

10

A continuación se proponen diferentes ejemplos del intervalo de valores. En un ejemplo, cuando $d' = 4$, $q \in [-2, -1, 0, 1]$, $q \in [-1, 0, 1, 2]$, $q \in [0, 1, 2, 3]$ o $q \in [1, 2, 3, 4]$. En otro ejemplo, cuando $d' = 2$, $q \in [-2, -1]$, $q \in [-1, 0]$, $q \in [0, 1]$ o $q \in [1, 2]$.

15

El intervalo de valores del parámetro q puede estar configurado en una capa superior, o ser fijo y conocido a priori por el UE o determinado por el UE sobre la base de los valores N_3 y D configurados.

El UE puede configurarse para notificar el valor seleccionado de q al gNB, en lugar de notificar el parámetro D_{in} .

20

Tal como se ha descrito anteriormente, de acuerdo con una realización, el intervalo de valores del parámetro

D_{in} se reduce de valores D a d' , en donde el parámetro D_{in} está definido por $\bar{D}_{in} = N_3 - \left\lfloor \frac{\bar{D}}{2} \right\rfloor + q$, en donde el intervalo de valores de $q \in \mathbb{Z}$ está limitado a valores d' y, como se ha mencionado más arriba, d' está configurado en una capa superior o es conocido a priori o determinado por el UE para parámetros dados N_3 y/o D .

25

Regla de correspondencia para q

30

El gNB determina el valor de D_{in} a partir del valor notificado de q sobre la base de la ecuación (2). Cada valor de q seleccionado del conjunto predefinido de valores d' se hace corresponder con un punto de código, representado por un valor de un indicador de bit $\lceil \log_2 d' \rceil$. Para esta correspondencia se requiere una regla de correspondencia específica. A continuación, se proponen dos reglas de correspondencia.

De acuerdo con una realización, cada uno de los d' puntos de código está representado por un indicador de bit

35

$\lceil \log_2 d' \rceil$, donde el primer punto de código está representado por $\lceil \log_2 d' \rceil$ -ceros y está asociado con el valor entero más pequeño en el intervalo de valores de q . Los valores restantes en el conjunto predefinido de valores d' se hacen corresponder con puntos de código en orden creciente, como se muestra en la **Tabla 2**, opción A.

De acuerdo con una realización, si el valor 0 está contenido en el intervalo de valores de q , el valor cero se

40

hace corresponder con el primer punto de código, representado por $\lceil \log_2 d' \rceil$ -ceros. Los valores restantes en el conjunto predefinido de valores d' se hacen corresponder con puntos de código en orden creciente, como se muestra a continuación en la **Tabla 2**, opción B.

45

Tabla 1: Dos opciones de correspondencia para hacer corresponder los valores q del conjunto $[-1, 0, 1, 2]$ con los puntos de código, $d' = 4$.

Opción A		Opción B	
q	Punto de código	q	Punto de código
-1	00	0	00
0	01	1	01
1	10	2	10
2	11	-1	11

La **Tabla 3** compara la sobrecarga de retroalimentación cuando se notifica q o n para dos valores diferentes de D . Se puede ver que cuando $D = 8$ y cuando el intervalo de q está limitado a valores $d' = 2$, el ahorro en

sobrecarga es de 2 bits cuando se notifica el valor seleccionado de q en comparación con la notificación del valor seleccionado de n , mientras que, cuando el intervalo de q está limitado a valores $d' = 4$, el ahorro en sobrecarga es de 1 bit. Para $D = 10$, el ahorro en sobrecarga es de 3 bits y 2 bits, cuando el intervalo de valores de q está limitado a valores $d' = 2$ y $d' = 4$, respectivamente.

5

Tabla 3: Número de bits requeridos para la notificación de n y q para dos valores diferentes de D y d' .

D	Número de bits necesarios para notificar n (Ecuación (1), (2))	Número de bits necesarios para notificar q ($d' = 2$) (Ecuación (3))	Número de bits necesarios para notificar q ($d' = 4$) (Ecuación (3))
8	3	1	2
10	4	1	2

Téngase en cuenta que el intervalo de valores de n cubre todos los valores D_{in} admisibles, mientras que el intervalo de q incluye solo los valores más probables de n .

De acuerdo con una realización, para ahorrar sobrecarga de retroalimentación para la notificación del parámetro D_{in} , el UE puede configurarse para notificar el parámetro q en función de la ecuación (3) o n en función de la ecuación (1) o (2), que determina el parámetro D_{in} . La notificación del parámetro n o q puede depender del parámetro D . Por ejemplo, el valor de n puede notificarse cuando D es menor que un valor umbral y, de lo contrario, puede notificarse el valor de q . Por ejemplo, cuando $D < 8$, el UE puede notificar el valor seleccionado de n , de lo contrario, notifica el valor seleccionado de q .

15

D_{in} dependiente del rango

Para un rango de transmisión creciente, la dispersión de retardo de la respuesta de impulso de canal formada por haces correspondiente asociada con una capa de la matriz de precodificación se vuelve más grande, lo que requiere un tamaño de subconjunto base de CDD más grande de la matriz de precodificación para cubrir la dispersión de retardo de la respuesta de impulso de canal formada por haces correspondiente. Por lo tanto, el tamaño del subconjunto base de CDD D depende del rango de transmisión, y el valor de D puede aumentar con un rango de transmisión creciente. Además, para una transmisión de rango bajo, el valor seleccionado de D_{in} del intervalo de valores predefinido de q , dado por la ecuación (2), no influye significativamente en el rendimiento. Por lo tanto, para transmisión de rango bajo, D_{in} puede ser fijo.

25

De acuerdo con una realización, la notificación del parámetro D_{in} puede depender del rango de transmisión. Para una transmisión R' de bajo rango, el parámetro D_{in} puede ser fijo (por lo tanto, no notificado). Por ejemplo,

D_{in} puede estar dado por $D_{in} = N_3 - \left\lfloor \frac{D}{2} \right\rfloor + q, q \in \mathbb{Z}$, donde el valor de q es conocido a priori por el UE o la capa superior configurada. En un caso, $R' = 1$. En otro caso, $R' \in \{1, 2\}$.

30

De acuerdo con una realización, la notificación del parámetro D_{in} puede realizarse cuando el rango de transmisión es mayor que un umbral.

35 Dependencia de D_{in} de D

De acuerdo con una realización, la notificación del parámetro D_{in} puede depender del parámetro D configurado. El valor de D_{in} (o el parámetro asociado n o q) se puede notificar cuando el valor configurado de D es menor que un valor umbral; de lo contrario, el valor de D_{in} (o el parámetro asociado n o q) es fijo (y por lo tanto no notificado). Por ejemplo, para $N_3 = 26$, el conjunto de valores de D que se puede configurar está dado por $[6, 8, 10, 13]$, y para $D = 6$, se notifica D_{in} y para $D = 8, 10$, o $D = 13$, D_{in} es fijo y no se notifica.

40

D dependiente del rango

Para un rango de transmisión creciente, la dispersión de retardo de la respuesta de impulso de canal formada por haces correspondiente asociada con una capa de la matriz de precodificación se vuelve más grande, lo que requiere un tamaño de subconjunto base de CDD más grande de la matriz de precodificación para cubrir la dispersión de retardo de la respuesta de impulso de canal formada por haces correspondiente. Por lo tanto, de acuerdo con una realización, el tamaño del subconjunto base de CDD D depende del rango de transmisión, y el valor de D puede aumentar con un rango de transmisión creciente.

50

De acuerdo con una realización, el parámetro D , que define el tamaño del subconjunto base de CDD, puede depender del rango de transmisión. El tamaño del subconjunto base de CDD configurado para una transmisión de rango R' siempre puede ser igual o menor que el tamaño del subconjunto base de CDD configurado para una transmisión de rango R'' , donde $R' < R''$. Por ejemplo, para $R' = 2$, $D = 6$ y para $R'' = 3$, $D = 8$. En otro ejemplo, para $R' = 2$, $D = 6$ y para $R'' = 4$, $D = 10$.

55

Dependencia del tamaño del subconjunto base de CDD del número de vectores base de SD (Dominio Espacial) configurados

- 5 En configuraciones de canal típicas, la respuesta de impulso de retardo asociada con un haz de SD está asociada con solo uno o unos pocos grupos de canales del canal de radio, donde cada grupo de canales se caracteriza por un único retardo medio. Por lo tanto, el subconjunto base de CDD D configurado depende del número configurado de haces de SD U o $U^{(l)}$. Para un número creciente de haces de SD, la dispersión del retardo de la respuesta de impulso de canal formada por haz correspondiente se vuelve más grande, requiriendo así un subconjunto base de CDD más grande para cubrir los retardos de la matriz de precodificación.

- De acuerdo con una realización, el tamaño del subconjunto base de CDD D depende del número configurado de vectores base de SD. Por ejemplo, el tamaño del subconjunto base de CDD D configurado aumenta con valores crecientes de U o $U^{(l)}$. Por ejemplo, $D = 8$ para $U = 4$ y $D = 10$ para $U = 6$. En otro ejemplo, $D = 8$ para $U = 4$ y $D = 6$ para $U = 6$.

- De acuerdo con algunas realizaciones, para controlar la sobrecarga de retroalimentación, el valor de D configurado para una mayor cantidad de vectores de base de SD puede ser menor que el valor de D configurado para una menor cantidad de vectores de base de SD.

Por ejemplo, $D = 10$ para $U = 4$ y $D = 6$ para $U = 6$.

SCI

- 25 De acuerdo con una realización, el SCI puede configurarse para que sea dependiente del rango. Por ejemplo, para una transmisión de rango 1, el SCI está dado por un indicador de bit $\lceil \log_2(K_{NZ}) \rceil$, y para una transmisión de rango superior ($RI > 1$), el SCI está dado por un indicador de bit $\lceil \log_2(2U) \rceil$.

- 30 Notificación basada en subconjuntos base de CDD

De acuerdo con algunas realizaciones, el UE está configurado para usar notificación basada en subconjuntos base de CDD cuando el número configurado de subbandas de CQI N_{SB} es mayor que un valor de umbral. Por ejemplo, $N_{SB} > 13$.

- 35 De acuerdo con algunas realizaciones, el UE está configurado para usar notificación basada en subconjuntos base de CDD cuando el número total de subbandas N_3 es mayor que un valor de umbral. Por ejemplo, $N_3 > 19$.

- 40 Notificación de mapas de bits

Cuando se obliga al UE a realizar una operación de cambio cíclico en los coeficientes de combinación seleccionados y los vectores base de DD seleccionados por capa con respecto al vector base de FD asociado

- 45 con el SCI, por ejemplo, el SCI está dado por un indicador de bit $\lceil \log_2(2U) \rceil$, una notificación de un '1' en el mapa de bits utilizado para indicar la posición del coeficiente más fuerte es redundante. Por lo tanto, el tamaño del mapa de bits notificado por el UE se puede reducir en un solo bit por capa.

Téngase en cuenta que cuando el UE no está obligado a realizar una operación de cambio cíclico en los coeficientes de combinación seleccionados, por ejemplo cuando el SCI está dado por un indicador de bit

- 50 $\lceil \log_2 K_{NZ} \rceil$, se requiere el mapa de bits completo de tamaño $2U^{(l)}D^{(l)}$ para indicar el índice de vector base de SD y el índice de vector base de FD del SCI.

De acuerdo con una realización, cuando se obliga al UE a realizar una operación de cambio cíclico en los coeficientes de combinación seleccionados y los vectores base de DD seleccionados por capa con respecto al vector base de FD asociado con el SCI, el tamaño del mapa de bits asociado con cada capa se puede reducir de $2U^{(l)}D^{(l)}$ a $2U^{(l)}D^{(l)} - 1$ bits.

- Dado que el SCI puede depender del rango, el tamaño del mapa de bits también puede depender del rango.

- 60 Por ejemplo, para una transmisión de rango 1 ($RI=1$), el SCI está dado por un indicador de bit $\lceil \log_2(K_{NZ}) \rceil$, y el mapa de bits asociado tiene un tamaño de $2U^{(l)}D^{(l)}$, y en el caso de un rango de transmisión más alto ($RI =$

3 o $RI = 4$), el SCI está dado por un indicador de bit $\lceil \log_2(2U) \rceil$ y el tamaño del mapa de bits por capa está dado por $2U^{(l)}D^{(l)} - 1$.

Número de notificaciones de coeficientes de combinación distintos de cero

5

El indicador asociado con la notificación del NNZCC seleccionado en todas las capas en la parte 1 de CSI está dado por un indicador de bit $\lceil \log_2 g \rceil$. El valor particular de g puede depender del rango de transmisión.

De acuerdo con una realización, el indicador de bit $\lceil \log_2 g \rceil$ que indica el número de coeficientes de combinación distintos de cero para la matriz CSI de la notificación de CSI en la parte 1 de CSI depende del rango.

En un caso, $g = K_0$ para $RI = 1$, y $g = 2K_0$ para $RI > 1$. Aquí, K_0 indica el NNZCC máximo por capa, que es la capa más alta configurada para el UE por el gNB. La información de amplitud y fase asociada con el coeficiente más fuerte de cada capa se normaliza a 1 y, por lo tanto, no se notifica. Por lo tanto, el UE puede indicar solo el NNZCC en todas las capas para las que se notifica la información de amplitud y fase en la parte 2 de CSI.

De acuerdo con una realización, la suma de NNZCC en todas las capas notificadas en la parte 1 de CSI está dada por $\sum_{l=0}^{RI-1} NZ_l - RI$.

20

De acuerdo con una realización, el UE está configurado para indicar un número de NNZCC en todas las capas, dado por $\sum_{l=0}^{RI-1} NZ_l$, en la parte 1 de CSI por $\sum_{l=0}^{RI-1} NZ_l - RI$.

Notificación de D'

25

De acuerdo con una realización, el $D^{(l)''}$ seleccionado puede ser indicado por el UE mediante puntos de código no utilizados de otros parámetros de UCI 1. Por ejemplo, los puntos de código no utilizados para la indicación del número de coeficientes de combinación distintos de cero pueden utilizarse para notificar además el indicador de 1 bit para todas las capas $D^{(l)}$. Para $RI > 1$, el número total de coeficientes de combinación distintos

de cero en todas las capas de RI está dado por $2K_0 - RI$ al notificar $\sum_{l=0}^{RI-1} NZ_l - RI$ NNZCC en todas las capas. Por ejemplo, cuando $K_0 = 42$, se utilizan 7 bits para indicar el número de coeficientes de combinación distintos de cero, y de los 128 puntos de código, los $44 + RI$ puntos de código no utilizados se utilizan para indicar el valor seleccionado de $D^{(l)''}$. A continuación se proporcionan diferentes ejemplos. En un caso, los puntos de código 1 a $84 - RI$ indican el número seleccionado de coeficientes de combinación distintos de cero e indican que $D^{(l)''} = D^{(l)}$ para todas las capas, y los puntos de código restantes $84 - RI + 1$ a 128 indican los números seleccionados de coeficientes de combinación distintos de cero 1 a $44 + RI$, y que $D^{(l)''} = \gamma D^{(l)}$ para todas las capas. En otro caso, los puntos de código 1 a $84 - RI$ indican el número seleccionado de coeficientes de combinación distintos de cero e indican que $D^{(l)''} = D^{(l)}$ para todas las capas, y los puntos de código restantes $84 - RI + 1$ a 128 indican los números seleccionados de coeficientes de combinación distintos de cero 1, 3, 5 etc., y que $D^{(l)''} = \gamma D^{(l)}$ para todas las capas. En otro caso, los puntos de código 1 a $84 - RI$ indican el número seleccionado de coeficientes de combinación distintos de cero e indican que $D^{(l)''} = D^{(l)}$ para todas las capas, y los puntos de código restantes $84 - RI + 1$ a 128 indican los números seleccionados de coeficientes de combinación distintos de cero 2, 4, 6, etc., y que $D^{(l)''} = \gamma D^{(l)}$ para todas las capas.

Ya se han descrito realizaciones adicionales relacionadas con acciones realizadas por el UE y no es necesario repetirlas nuevamente.

Para realizar las etapas y operaciones del UE previamente descritas, también está previsto un UE 300, tal como se muestra en la **Figura 5**, dicho UE 300 comprende un procesador 310 o circuito de procesamiento o un módulo de procesamiento o un procesador o medio 310; un circuito receptor o módulo receptor 340; un circuito transmisor o módulo transmisor 350; un módulo de 320 memoria, un circuito transceptor o módulo transceptor 330 que puede incluir el circuito transmisor 350 y el circuito receptor 340. El UE 300 comprende además un sistema 360 de antena que incluye un circuito de antena para transmitir y recibir señales hacia/desde al menos el UE. El sistema de antena puede emplear formación de haces tal como se ha descrito anteriormente.

El UE 300 puede funcionar en cualquier tecnología de acceso de radio, incluyendo 2G, 3G, 4G o LTE, LTE-A, 5G, WLAN y WiMax, etc., que soporten tecnología de formación de haces. El módulo/circuito 310 de procesamiento incluye un procesador, un microprocesador, un circuito integrado específico de una sola aplicación (ASIC, por sus siglas en inglés), una agrupación de puertas programables de campo (FPGA, por

sus siglas en inglés), o similares, y se puede designar como el "procesador 310". El procesador 310 controla la operación del UE 300 y sus componentes. La memoria (circuito o módulo) 320 incluye una memoria de acceso aleatorio (RAM, por sus siglas en inglés), una memoria de solo lectura (ROM, por sus siglas en inglés), y/u otro tipo de memoria para almacenar datos e instrucciones que pueda ser utilizada por el procesador 310.

5 En general, se entenderá que el UE 300 en una o más realizaciones incluye circuitos fijos o programados que están configurados para realizar las operaciones en cualquiera de las realizaciones descritas en la presente memoria.

10 En al menos uno de dichos ejemplos, el UE 300 incluye un microprocesador, microcontrolador, DSP, ASIC, FPGA u otro circuito de procesamiento que esté configurado para ejecutar instrucciones de programa informático desde un programa informático almacenado en un medio legible por ordenador no transitorio que está en el circuito de procesamiento o es accesible para el mismo. Aquí, "no transitorio" no significa necesariamente almacenamiento permanente o inalterable, y puede incluir almacenamiento en memoria de trabajo o volátil, pero el término connota almacenamiento de al menos cierta persistencia. La ejecución de las
15 instrucciones de programa adapta o configura especialmente el circuito de procesamiento para realizar las operaciones descritas en la presente memoria, incluyendo una cualquiera de las reivindicaciones de método 1-11. Además, se apreciará que el UE 300 puede comprender componentes adicionales que no se muestran en la Figura 5.

20 También está previsto un programa informático que comprende instrucciones que, cuando se ejecutan en al menos un procesador del UE según la reivindicación 12, hacen que el al menos dicho un procesador realice el método según una cualquiera de las reivindicaciones 1-11.

También está previsto un método realizado por un nodo de red o gNB tal como se ha descrito anteriormente.
25 El método comprende: transmitir a un UE una señal de radio a través de un canal MIMO, en donde la señal de radio contiene al menos una señal de referencia DL de acuerdo con una configuración de señal de referencia DL, para permitir que el UE estime dicho canal MIMO en función de dicha al menos una señal de referencia DL recibida para subbandas configuradas y calcular una matriz de precodificación o una matriz CSI para varios puertos de antena del gNB y subbandas configuradas; estando basada la matriz de precodificación en un
30 primer libro de códigos y en un segundo libro de códigos y un conjunto de coeficientes de combinación para escalar/combinar uno o más de los vectores seleccionados del primer libro de códigos y el segundo libro de códigos; donde el primer libro de códigos contiene uno o más componentes de haz espacial del lado de transmisión de la matriz de precodificación, el segundo libro de códigos contiene uno o más componentes de retardo de la matriz de precodificación, y recibir, desde el UE, una notificación de retroalimentación de CSI y/o
35 un PMI y/o un PMI/RI, utilizada para indicar la matriz de precodificación o la matriz CSI para los puertos de antena configurados.

Las operaciones adicionales realizadas por el gNB o el nodo de red en términos de al menos configurar el UE ya se han descrito y no es necesario repetirlas nuevamente.

40 También está previsto un nodo de red o gNB (no mostrado) para realizar las etapas del método y las operaciones anteriormente descritas. El gNB comprende un procesador o circuito de procesamiento o un módulo de procesamiento o un procesador o medio; un circuito receptor o módulo receptor; un circuito transmisor o módulo transmisor; un módulo de memoria; un circuito transceptor o módulo transceptor que
45 puede incluir el circuito transmisor y el circuito receptor. El gNB comprende además un sistema de antena que incluye circuitos de antena para transmitir y recibir/transmitir señales hacia/desde al menos el UE. El sistema de antena emplea formación de haces como se ha descrito anteriormente.

50 El gNB puede funcionar en cualquier tecnología de acceso de radio, incluyendo 2G, 3G, 4G o LTE, LTE-A, 5G, WLAN y WiMax, etc., que soporte la tecnología de formación de haces.

El módulo/circuito de procesamiento incluye un procesador, un microprocesador, un circuito integrado específico de una sola aplicación (ASIC), una agrupación de puertas programables de campo (FPGA), o
55 similares, y se puede designar como el "procesador". El procesador controla la operación del gNB y sus componentes. La memoria (circuito o módulo) incluye una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solo lectura (ROM), y/u otro tipo de memoria para almacenar datos e instrucciones que pueden ser utilizados por el procesador. En general, se entenderá que el gNB en una o más realizaciones incluye circuitos fijos o programados que están configurados para realizar las operaciones en cualquiera de las realizaciones descritas en la presente memoria.

60 En al menos uno de dichos ejemplos, el gNB incluye un microprocesador, microcontrolador, DSP, ASIC, FPGA u otro circuito de procesamiento que esté configurado para ejecutar instrucciones de programa informático desde un programa informático almacenado en un medio legible por ordenador no transitorio que está en el circuito de procesamiento o es accesible para el mismo. Aquí, "no transitorio" no significa necesariamente
65 almacenamiento permanente o inalterable, y puede incluir almacenamiento en memoria de trabajo o volátil, pero el término connota almacenamiento de al menos cierta persistencia. La ejecución de las instrucciones del

programa adapta o configura especialmente los circuitos de procesamiento para realizar las operaciones descritas en esta divulgación. Además, se apreciará que el gNB puede comprender componentes adicionales.

5 También está previsto un programa informático que comprende instrucciones que, cuando se ejecutan en al menos un procesador del gNB, hacen que el al menos dicho un procesador realice el método descrito.

10 A lo largo de esta descripción, la expresión "comprende" o "que comprende" se ha usado en un sentido no limitativo, es decir, con el significado de "consistir al menos en". Aunque en la presente memoria se han podido emplear términos específicos, éstos se usan en un sentido genérico y descriptivo solamente y no con fines de limitación. Las realizaciones de la presente memoria se pueden aplicar en cualquier sistema inalámbrico, incluyendo GSM, 3G o WCDMA, LTE o 4G, LTE-A (o LTE Avanzado), 5G, WiMAX, WiFi, comunicaciones por satélite, radiodifusión de TV, etc. que pueda emplear tecnología de formación de haces.

15 Bibliografía

[1] 3GPP TS 38.214 V15.3.0: "3GPP; TSG RAN; NR; Physical layer procedures for data (Rel. 15)," Sept. 2018

[2] Samsung "Revised WID: Enhancements on MIMO for NR", RP-182067, 3GPP RAN#81, Gold Coast, Australia, Sept. 10-13, 2018.

REIVINDICACIONES

1. Un método realizado por un Equipo de Usuario, UE, comprendiendo el método:

5 - recibir (201) desde un nodo de red, gNB, una señal de radio a través de un canal de múltiples entradas y múltiples salidas, MIMO, en donde la señal de radio contiene al menos una señal de referencia de Enlace Descendente, DL, según una configuración de señal de referencia DL;

10 - estimar (202) dicho canal MIMO sobre la base de dicha al menos una señal de referencia DL recibida para subbandas configuradas;

15 - calcular (203) una matriz de precodificación o una matriz de Información de Estado de Canal, CSI, para varios puertos de antena del gNB y subbandas configuradas, N_3 ; estando basada la matriz de precodificación en un primer libro de códigos y en un segundo libro de códigos y un conjunto de coeficientes de combinación para escalar/combinar de forma compleja uno o más vectores seleccionados del primer libro de códigos y el segundo libro de códigos;

donde,

20 - el primer libro de códigos contiene uno o más componentes de haz espacial del lado de transmisión de la matriz de precodificación o matriz CSI,

25 - el segundo libro de códigos contiene uno o más componentes de retardo de la matriz de precodificación o matriz CSI,

30 - determinar un subconjunto base de dominio de retardo común, CDD, de los vectores seleccionados asociados con los componentes de retardo en todas las capas de la matriz de precodificación o matriz CSI, en donde el subconjunto base de CDD se define mediante un parámetro D que representa el número de elementos del subconjunto base de CDD, y un parámetro D_{in} que representa el primer índice de los D vectores de retardo del segundo libro de códigos, en donde el intervalo de valores del parámetro D_{in} se reduce de valores N_3 a D ; y

35 - notificar (204), al gNB, una notificación de retroalimentación CSI y/o un Indicador de matriz de precodificación, PMI, y/o un Indicador de Rango/PMI, PMI/RI, utilizado para indicar la matriz de precodificación o la matriz CSI para los puertos de antena configurados y subbandas configuradas; en donde los vectores seleccionados del subconjunto base de CDD se indican en la notificación, para cada capa, mediante un indicador de subconjunto base de dominio de retardo específico de capa, LDD; y el parámetro D_{in} se notifica al gNB.

40 2. El método según la reivindicación 1, que comprende recibir una configuración del gNB, comprendiendo dicha configuración una configuración de notificación de CSI que incluye al menos un parámetro de capa superior, $D^{(l)}$, que representa una cantidad de retardos por capa, utilizada para la configuración de la matriz de precodificación o matriz CSI.

45 3. El método según la reivindicación 2, en donde el número de retardos $D^{(l)}$ es independiente de la capa e idéntico para todas las capas, de modo que $D^{(l)} = D$, y configurando el UE con un único parámetro D para la configuración de la matriz de precodificación o matriz CSI.

50 4. El método según la reivindicación 1 que comprende realizar una operación de cambio de módulo N_3 en todos los índices de retardo asociados con los vectores de retardo seleccionados indicados por el indicador de subconjunto base de LDD y en todos los coeficientes de combinación distintos de cero de una capa con respecto a un índice de retardo asociado con el indicador de coeficiente más fuerte, SCI, de la capa.

55 5. El método según la reivindicación 1 o la reivindicación 4, en donde el parámetro D_{in} se selecciona de tal modo que el primer vector de retardo asociado con el índice 0 se incluye en el subconjunto base de CDD.

60 6. El método según la reivindicación 1 o la reivindicación 4 o la reivindicación 5, en donde el intervalo de valores del parámetro D_{in} está definido por: $D_{in} = \text{mod}(d_{SCI} - D + 1 + n, N_3)$, $n \in [0, D - 1]$, en donde d_{SCI} es el índice del vector base del Dominio de Frecuencia, FD, asociado con el SCI, y el UE está configurado para notificar D_{in} usando un indicador de bit $\lceil \log_2 \bar{D} \rceil$.

7. El método según la reivindicación 1 o la reivindicación 4 o la reivindicación 5, en donde el intervalo de valores del parámetro D_{in} está definido por: $D_{in} = \text{mod}(N_3 - D + 1 + n, N_3)$, $n \in [0, D - 1]$, y el UE está configurado para notificar D_{in} usando un indicador de bit $\lceil \log_2 \bar{D} \rceil$.

8. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el parámetro D , que define

el tamaño del subconjunto base de CDD, depende del rango de transmisión.

9. El método según la reivindicación 4, en donde el SCI está configurado para depender del rango; en donde, para la transmisión $RI = 1$, el SCI está dado por un indicador de bit $\lceil \log_2(K_{NZ}) \rceil$, y para la transmisión $RI > 1$,

5 el SCI está dado por el indicador de bit $\lceil \log_2(2U) \rceil$.

10. Un Equipo de Usuario, UE, (300), que comprende un procesador (310) y una memoria (320), conteniendo dicha memoria (320) instrucciones ejecutables por dicho procesador (310), por lo que dicho UE (300) está operativo para realizar uno cualquiera de los aspectos de las reivindicaciones de método 1-9.

10

11. Un método realizado por un nodo de red, gNB, comprendiendo el método:

- transmitir, a un Equipo de Usuario, UE, una señal de radio a través de un canal de Múltiples Entradas y Múltiples Salidas, MIMO, en donde la señal de radio contiene al menos una señal de referencia de Enlace Descendente, DL, de acuerdo con una configuración de señal de referencia de DL; para permitir al UE:

15

- estimar dicho canal MIMO sobre la base de dicha al menos una señal de referencia DL recibida para subbandas configuradas;

- calcular (203) una matriz de precodificación o una matriz de Información de Estado de Canal, CSI, para varios puertos de antena del gNB y subbandas configuradas, N_3 ; estando basada la matriz de precodificación en un primer libro de códigos y en un segundo libro de códigos y un conjunto de coeficientes de combinación para escalar/combinar de forma compleja uno o más vectores seleccionados del primer libro de códigos y el segundo libro de códigos;

20

25

donde,

- el primer libro de códigos contiene uno o más componentes de haz espacial del lado de transmisión de la matriz de precodificación o matriz CSI,

30

- el segundo libro de códigos contiene uno o más componentes de retardo de la matriz de precodificación o matriz CSI;

- determinar un subconjunto base de dominio de retardo común, CDD, de los vectores seleccionados asociados con los componentes de retardo en todas las capas de la matriz de precodificación o matriz CSI, en donde el subconjunto base de CDD se define mediante un parámetro D que representa el número de elementos del subconjunto base de CDD, y un parámetro D_{in} que representa el primer índice de los D vectores de retardo del segundo libro de códigos, en donde el intervalo de valores del parámetro D_{in} se reduce de valores N_3 a D ; y

35

- notificar, desde el UE, una notificación de retroalimentación de CSI y/o un Indicador de matriz de Precodificación, PMI, y/o un Indicador de Rango/PMI, PMI/RI, utilizado para indicar la matriz de precodificación o la matriz CSI para los puertos de antena configurados y subbandas configuradas; en donde los vectores seleccionados del subconjunto base de CDD se indican en la notificación, para cada capa, mediante un indicador de subconjunto base de dominio de retardo específico de capa, LDD; y el parámetro D_{in} se notifica al gNB.

40

45

12. Un nodo de red que comprende un procesador y una memoria, conteniendo dicha memoria instrucciones ejecutables por dicho procesador, por lo que dicho nodo de red está operativo para realizar el aspecto de la realización 11.

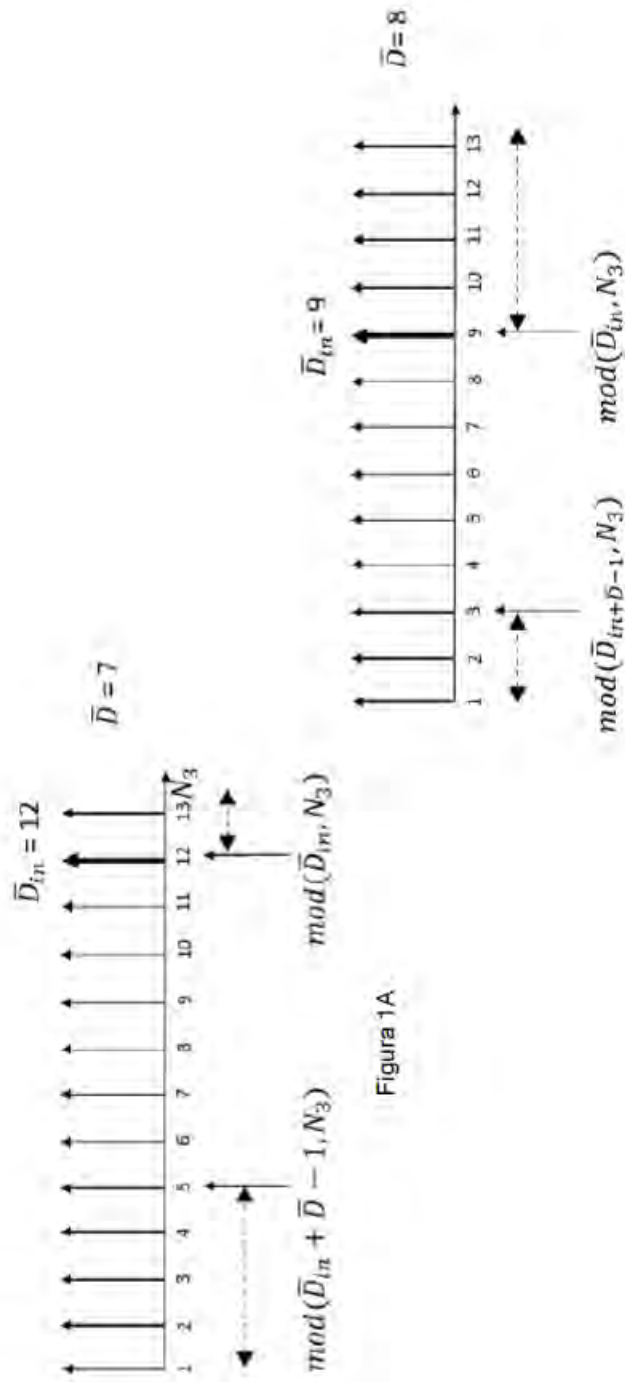


Figure 1B

Figure 1A

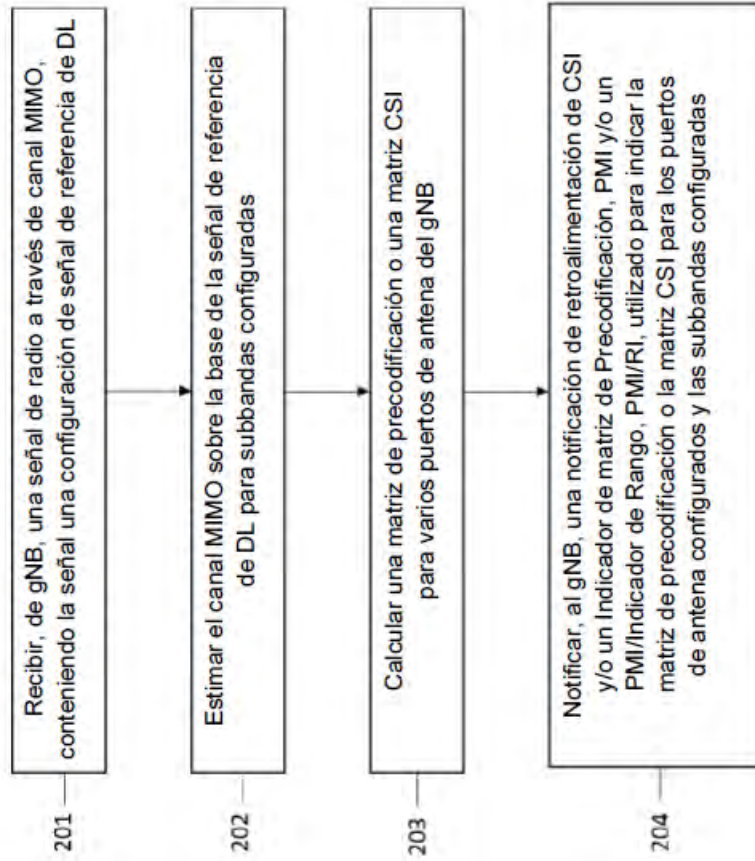


Figura 2

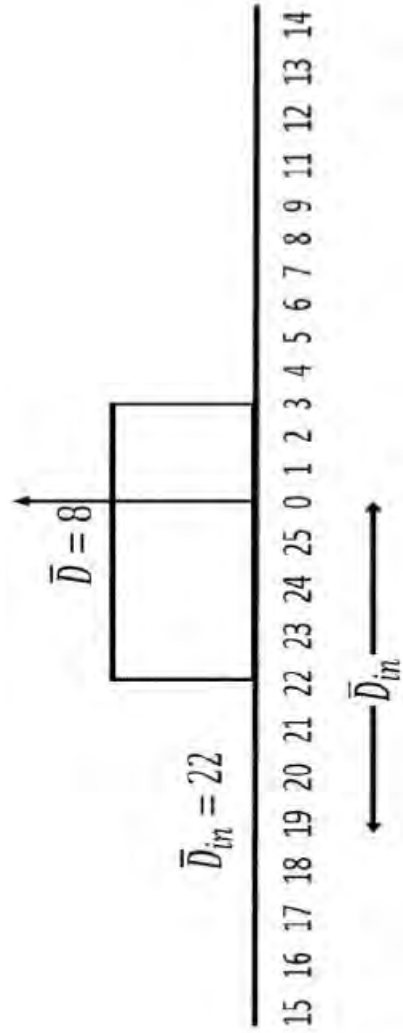


Figure 3

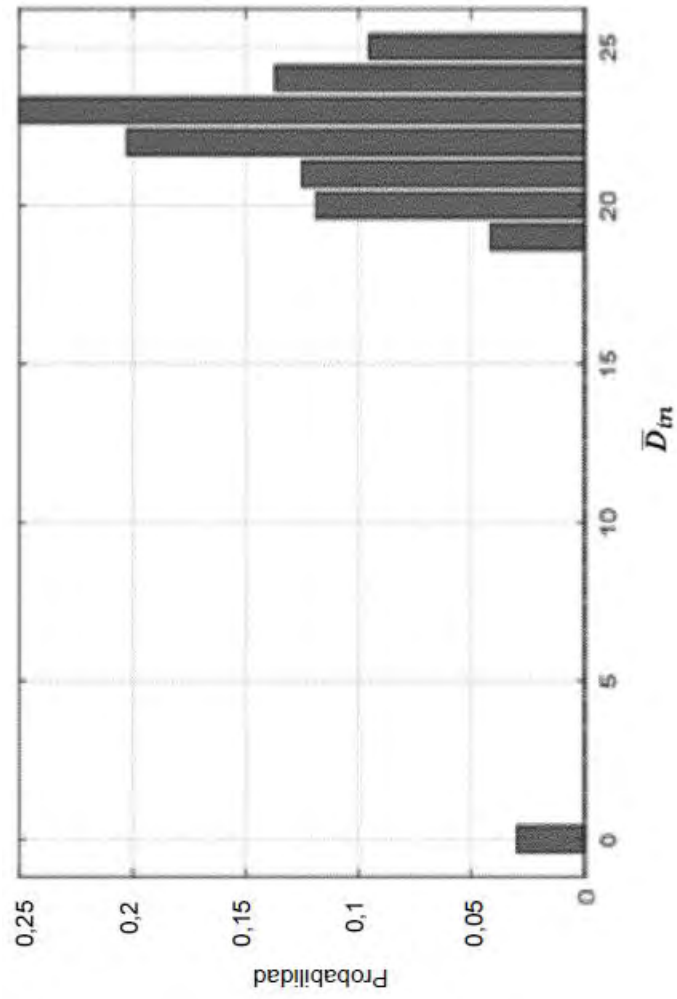


Figura 4

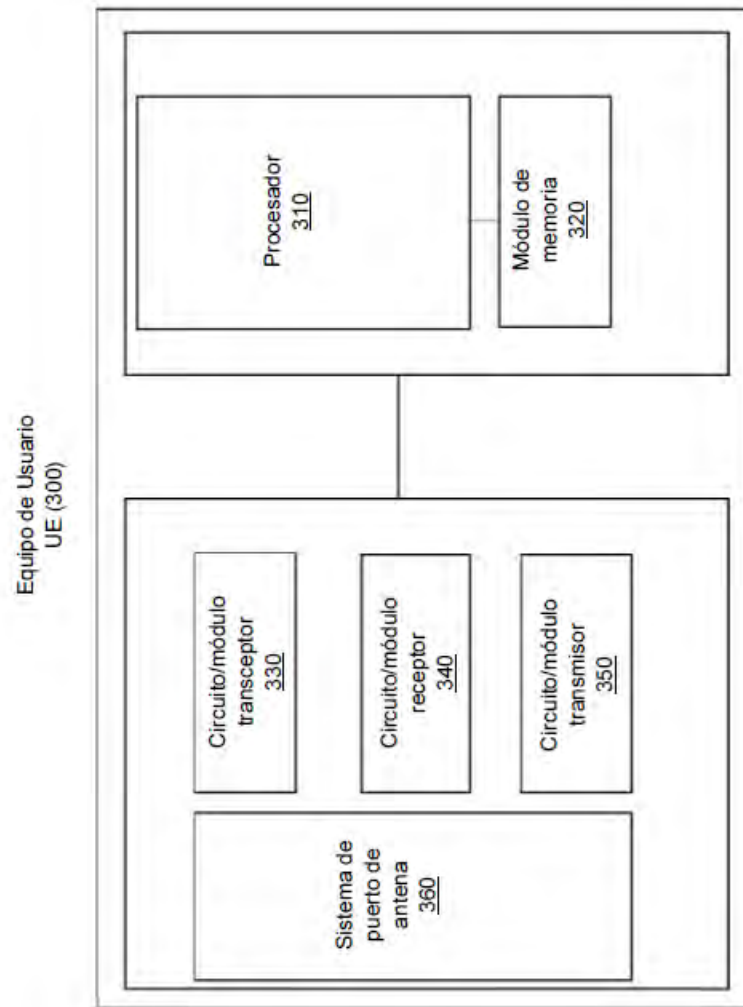


Figura 5