

## **INFORMACIÓN DE PRECODIFICACIÓN**

### **Campo**

La presente divulgación se refiere a métodos, aparatos y productos de programas  
5 informáticos para comunicar información de precodificación entre dispositivos de comunicación.

### **Antecedentes**

Se pueden establecer sesiones de comunicación entre dos o más dispositivos de  
10 comunicación tales como dispositivos de usuario o terminales, estaciones base/puntos de acceso y/u otros nodos. Se puede proporcionar una sesión de comunicación, por ejemplo, por medio de una red de comunicación y uno o más dispositivos de comunicación compatibles. Un dispositivo de comunicación en un lado de la red brinda un punto de acceso al sistema y está provisto de un aparato de recepción y transmisión de señales apropiado  
15 para permitir las comunicaciones, por ejemplo, permitir que otros dispositivos tengan acceso al sistema de comunicación. Las sesiones de comunicación pueden comprender, por ejemplo, la comunicación de datos para llevar comunicaciones tales como voz, video, correo electrónico (email), mensaje de texto, multimedia y/o datos de contenido y así sucesivamente. Los ejemplos no taxativos de servicios proporcionados comprenden  
20 llamadas bidireccionales o multidireccionales, comunicación de datos, servicios multimedia y acceso a un sistema de red de datos, tal como Internet.

En un sistema de comunicación móvil o inalámbrica, al menos una parte de una sesión de comunicación entre al menos dos dispositivos se produce a través de un enlace inalámbrico o de radio. Los ejemplos de sistemas inalámbricos comprenden redes móviles  
25 terrestres públicas (PLMN), sistemas de comunicación basados en satélites y diferentes redes locales inalámbricas, por ejemplo redes de área local inalámbricas (WLAN). Un usuario puede acceder al sistema de comunicación más amplio por medio de un dispositivo o terminal de comunicación apropiado. Un dispositivo de comunicación se denomina comúnmente como equipo de usuario (UE) o dispositivo de usuario. Un dispositivo de  
30 comunicación está provisto de un aparato de recepción y transmisión de señales apropiado para permitir las comunicaciones, por ejemplo, permitir el acceso a una red de comunicaciones o las comunicaciones directamente con otros usuarios. Un dispositivo de comunicación puede acceder a un portador proporcionado por una estación en una red de

acceso por radio, por ejemplo, una estación base, y transmitir y/o recibir comunicaciones en el portador.

Una característica de los sistemas modernos es la capacidad de operación de múltiples rutas donde un dispositivo de comunicación puede comunicarse a través de múltiples rutas. La comunicación por múltiples rutas se puede proporcionar mediante una disposición conocida como entrada múltiple/salida múltiple (MIMO).

El sistema de comunicación y los dispositivos asociados típicamente operan de conformidad con un estándar o especificación dados que establece lo que se permite hacer a las diversas entidades asociadas con el sistema y cómo se debería lograr. Los parámetros y/o protocolos de comunicación que se utilizarán para la conexión también se definen típicamente. Un ejemplo de un sistema de comunicaciones es UTRAN (radio 3G). Otros ejemplos de sistemas de comunicación son la evolución a largo plazo (LTE) de la tecnología de acceso por radio del Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS) y las llamadas redes de quinta generación (5G) o New Radio (NR). 5G se está estandarizando por el Proyecto de Asociación de Tercera Generación (3GPP). Las versiones sucesivas del estándar se conocen como versiones (Rel). En un 3GPP, se está realizando trabajo de estandarización de 5G NR para mejorar aún más aspectos de la información del estado del canal (CSI) MIMO.

## **Compendio**

De acuerdo con algunos aspectos, se proporciona el objeto de las reivindicaciones independientes. Algunos aspectos adicionales se definen en las reivindicaciones dependientes.

## **Breve descripción de las figuras**

A continuación se describirán con mayor detalle algunos aspectos, únicamente a modo de ejemplo, con referencia a los siguientes ejemplos y las figuras adjuntas, en las cuales:

La figura 1 ilustra un ejemplo de un sistema en el que se puede poner en práctica la invención;

La figura 2 muestra un ejemplo de un aparato de control;

La Figura 3 es un ejemplo de componentes del dominio de frecuencia (FD) que están fuera de la ventana de informes;

Las figuras 4 y 5 son diagramas de flujo de acuerdo con ciertos ejemplos;

La Figura 6 es un diagrama de flujo de señalización entre dos dispositivos de comunicación de acuerdo con un ejemplo;

5 Las figuras 7 y 8 ilustran ventanas de medición e informes configuradas de acuerdo con dos ejemplos;

Las figuras 9 y 10 son diagramas de flujo de acuerdo con ejemplos adicionales;

La figura 11 es otro ejemplo de ventanas de medición e informes;

Las figuras 12 a 17 muestran ejemplos de mapeo de índices;

10 La figura 18 muestra otra solución para resolver el problema de estar fuera de la ventana de acuerdo con una modalidad;

Las figuras 19 a 20 muestran métodos, de acuerdo con algunas modalidades.

### **Descripción detallada de los ejemplos**

15 La siguiente descripción proporciona una descripción ejemplificativa de algunas posibilidades para poner en práctica la invención. Aunque la memoria descriptiva puede hacer referencia a "un", o "algún" ejemplo de modalidades en varios lugares del texto, esto no significa necesariamente que cada referencia se haga al mismo ejemplo de modalidad(es), o que una característica particular solo se aplica a un solo ejemplo o modalidad. Las características individuales de diferentes ejemplos y modalidades también  
20 pueden combinarse para proporcionar otras modalidades.

Los sistemas de comunicación inalámbrica proporcionan comunicaciones inalámbricas a los dispositivos conectados a ellos. Normalmente, se proporciona un punto de acceso tal como una estación base para permitir las comunicaciones. A continuación, se describirán diferentes situaciones utilizando, como ejemplo de arquitectura de acceso, una  
25 arquitectura de acceso de radio 3GPP 5G con capacidad MIMO. Sin embargo, las modalidades no se limitan necesariamente a dicha arquitectura. Algunos ejemplos de otros sistemas posibles son el sistema universal de telecomunicaciones móviles (UMTS), la red de acceso por radio (UTRAN o E-UTRAN), la evolución a largo plazo (LTE), LTE-A (LTE avanzado), red de área local inalámbrica (WLAN o Wi-Fi), interoperabilidad mundial para  
30 acceso por microondas (WiMAX), Bluetooth®, servicios de comunicaciones personales (PCS), ZigBee®, acceso múltiple por división de código de banda ancha (WCDMA), sistemas que utilizan tecnología de banda ultraancho (UWB), redes de sensores, redes ad-hoc

móviles (MANET), internet celular de las cosas (IoT) RAN y subsistemas multimedia de protocolo de Internet (IMS) o cualquier combinación de estos.

La Figura 1 muestra un sistema inalámbrico 1 que comprende un sistema de acceso por radio 2. Un sistema de acceso por radio puede comprender uno o una pluralidad de puntos de acceso, o estaciones base 12. Una estación base puede proporcionar una o más celdas. Un punto de acceso puede comprender cualquier nodo que pueda transmitir/recibir señales de radio (por ejemplo, un TRP, una estación base 3GPP 5G como gNB, eNB, un dispositivo de usuario como un UE, etc.).

Un dispositivo de comunicación 10 está ubicado en la zona de servicio del sistema de acceso por radio 2 y el dispositivo 10 puede entonces comunicarse con el punto de acceso 12. Las comunicaciones 11 desde el dispositivo 10 al punto de acceso 12 se denominan comúnmente enlace ascendente (UL). Las comunicaciones 13 desde el punto de acceso 12 al dispositivo 10 se denominan comúnmente enlace descendente (DL). En el ejemplo, se muestra esquemáticamente que el enlace descendente comprende hasta cuatro haces por polarización en el dominio espacial (SD).

Cabe señalar que el sistema de comunicación más amplio sólo se muestra como la nube 1 y puede comprender una serie de elementos que, sin embargo, no se muestran para mayor claridad. Por ejemplo, un sistema basado en 5G puede estar compuesto por una terminal o equipo de usuario (UE), una red de acceso por radio 5G (5GRAN) o una red de acceso por radio de próxima generación (NG-RAN), una red central 5G (5GC), una o más funciones de aplicación (AF) y una o más redes de datos (DN). La 5G-RAN puede comprender uno o más gNodeB (gNB) o una o más funciones de unidad distribuida gNodeB (gNB) que se conectan a una o más funciones de unidad centralizada gNodeB (gNB). El 5GC también puede comprender entidades tales como función de selección de segmento de red (NSSF); función de exposición de red; función de depósito de red (NRF); función de control de políticas (PCF); gestión unificada de datos (UDM); función de aplicación (AF); función de servidor de autenticación (AUSF); una función de gestión de acceso y movilidad (AMF), función de gestión de sesión (SMF), etc.

El dispositivo 10 puede ser cualquier dispositivo de comunicaciones adecuado adaptado para comunicaciones inalámbricas. Un dispositivo de comunicaciones inalámbricas puede ser proporcionado por cualquier dispositivo capaz de enviar y recibir señales de radio. Los ejemplos no taxativos comprenden una estación móvil (MS) (p. ej., un dispositivo móvil como un teléfono móvil o lo que se conoce como 'teléfono inteligente'), un

ordenador provisto de una tarjeta de interfaz inalámbrica u otra instalación de interfaz inalámbrica (p. ej., dongle USB), asistente de datos personales (PDA) o una tableta dotada de capacidades de comunicación inalámbrica, dispositivos de comunicación de tipo máquina (MTC), dispositivos de comunicaciones de tipo Internet de las cosas (IoT) o cualquier  
5 combinación de estos o similares. El dispositivo puede proporcionarse como parte de otro dispositivo. El dispositivo puede recibir señales a través de una interfaz de aire o de radio a través de aparatos apropiados para la recepción y puede transmitir señales a través de aparatos apropiados para la transmisión de señales de radio. Las comunicaciones pueden ocurrir a través de múltiples rutas. Para habilitar las comunicaciones de tipo MIMO, los  
10 dispositivos 10 y 12 están provistos de elementos multiantena. Estos se indican esquemáticamente mediante conjuntos de antenas 14 y 15.

Un dispositivo de comunicaciones tal como el punto de acceso 12 o el dispositivo de usuario 10 está provisto de un aparato de procesamiento de datos que comprende al menos un procesador y al menos una memoria. La figura 2 muestra un ejemplo de un aparato de  
15 procesamiento de datos 50 que comprende procesador(es) 52, 53 y memoria o memorias 51. La figura 2 muestra además conexiones entre los elementos del aparato y una interfaz para conectar el aparato de procesamiento de datos a otros componentes del dispositivo.

La al menos una memoria puede comprender al menos una ROM y/o al menos una RAM. El dispositivo de comunicaciones puede comprender otros posibles componentes para  
20 su uso en la ejecución asistida por software y hardware de las tareas para las que está diseñado, incluido el control del acceso a y las comunicaciones con los sistemas de acceso y otros dispositivos de comunicaciones, e implementar las características descritas en la presente de posicionamiento del dispositivo. El al menos un procesador puede acoplarse a la al menos una memoria. El al menos un procesador puede configurarse para ejecutar un  
25 código de software apropiado para implementar uno o más de los siguientes aspectos. El código de software puede almacenarse en la al menos una memoria, por ejemplo en la al menos una ROM.

A continuación se describen ciertos aspectos de las mediciones, configuraciones y señalización para operaciones relacionadas con transmisiones inalámbricas de múltiples  
30 rutas o de múltiples haces utilizando terminología 5G. En los sistemas basados en dúplex por división de frecuencia (FDD), no se puede asumir la reciprocidad completa del canal de enlace ascendente – descendente (UL-DL) debido a la distancia de duplexación entre los canales de enlace ascendente (UL) y descendente (DL). Sin embargo, se puede asumir una

reciprocidad parcial del canal en función de propiedades tales como los ángulos de salida (AoD), los ángulos de llegada (AoA) y los retrasos de las múltiples rutas de propagación. Las propiedades de reciprocidad parcial UL-DL se pueden tener en cuenta en la señalización entre dispositivos de comunicación. Por ejemplo, un gNB puede estimar señales de referencia de sondeo (SRS) UL para adquirir información relacionada con el retraso, como componentes de dominio de frecuencia (FD), que pueden ser los mismos que una selección de UE realizada a través de la señal de referencia de información de estado del canal DL (CSI-RS). Luego, el gNB puede usar los componentes FD seleccionados para precodificar aún más los recursos CSI-RS formados por haces que ya contienen haces de dominio espacial (SD). Los puertos CSI-RS deben configurarse para transmitir múltiples conjuntos de componentes FD a través de la CSI-RS. Se ha reconocido que es posible mejorar la operación de retroalimentación MIMO CSI al explotar la reciprocidad parcial de enlace ascendente/descendente (UL/DL). La mejora en la medición y la generación de informes de CSI puede basarse en la evaluación y, si es necesario, en la especificación de la mejora del libro de códigos de selección de puerto (por ejemplo, en función de la selección de puerto Tipo II 3GPP Rel.15/16 existente) donde la información relacionada con ángulo(s) y retraso(s) se estiman en el gNB en función de SRS al utilizar la reciprocidad de ángulo y retraso DL/UL, y el UE informa la CSI de DL restante. Esto se ha centrado principalmente en la duplexación por división de frecuencia (FDD) del rango de frecuencia 1 (FR1) para lograr un mejor equilibrio entre la complejidad del UE, el rendimiento y la sobrecarga de informes. Por ejemplo, el libro de códigos de selección de puerto (PS) Tipo II se mejoró en 3GPP Rel-16 al introducir la operación de compresión en el dominio de frecuencia (FD) en el libro de códigos de selección de puerto Tipo II 3GPP Rel-15. Dicho libro de códigos de selección de puerto (PS) de Tipo II mejorado (eType II) se describe, por ejemplo, en la sección 5.2.2.2.6 de 3GPP TS 38.214 v16.3.0 de septiembre de 2020.

Los libros de códigos (CB) de selección de puerto (PS) de tipo II mejorado (eType II) de 3GPP Rel-16 comprenden tres componentes del libro de códigos: la matriz de selección de puerto ( $W_1$ ), la matriz de compresión basada en transformada discreta de Fourier (DFT) ( $W_f$ ), y la matriz de coeficientes de combinación ( $W_2$ ). En un ejemplo, la matriz de rejilla de vigas  $W_1$  es de tamaño  $2N_1N_2 \times 2L$  y proporciona componentes de dominio espacial, una matriz de coeficientes de combinación lineal (LCC)  $W_2$  es de tamaño  $2L \times M_v$ , mientras que la matriz de compresión basada en DFT  $W_f$  proporciona información de retraso (cada columna representa el toque de retraso) y tiene tamaño  $N_3 \times M_v$ . El parámetro  $N_1$  es el

número de puertos de antena en el dominio horizontal,  $N_2$  es el número de puertos de antena en el dominio vertical,  $L$  son los vectores/haces ortogonales por polarización y  $N_3$  es el número de subbandas de frecuencia PMI.  $M_v$  es el número de componentes del dominio de frecuencia (FD).

5 La misma estructura de libro de códigos se adopta en el libro de códigos PS Tipo II (FeType II) mejorado aún más de 3GPP Rel-17 para la reciprocidad parcial del canal UL-DL en operación dúplex por división de frecuencia (FDD). A continuación se ofrece una descripción general de las diferencias en el mecanismo de notificación para la matriz de compresión ( $W_f$ ) en FeType II PS en comparación con el libro de códigos de eType II PS y  
10 sus posibles consecuencias.

En 3GPP Rel-16, la red configura el número  $M_v$  de vectores de DFT que forman la matriz de compresión  $W_f$ , que depende del rango informado  $v$ , al configurar una combinación de parámetros *paramCombination-r16*. Se puede entender que  $M_v$  componentes denotan bases o componentes en el dominio de frecuencia (FD). De manera más general, este  
15 parámetro comprende vectores o componentes apropiados. En las figuras adjuntas, los componentes están definidos por el eje X para indicar la transformación DFT del dominio de frecuencia. Los componentes corresponden a retrasos del canal, por lo que el dominio también puede denominarse "dominio de retraso". Luego, un UE puede seleccionar  $M_v$  vectores de longitud  $N_3$  de un libro de códigos de DFT, para cada capa, en donde  $N_3$  es el  
20 número de subbandas del indicador de matriz de precodificación (PMI), que es igual al tamaño del libro de códigos de DFT. La selección se realiza por separado para cada capa y, por lo tanto, cada  $W_f$  se considera específica de la capa. El UE selecciona estos vectores de DFT de todo el conjunto de libros de códigos de  $N_3$  vectores, si  $N_3 \leq 19$ , mientras que está restringido a seleccionar los vectores de una ventana de tamaño  $N = 2M_v$ , si  $N_3 > 19$ .  
25 En el mecanismo de ventana, un UE elige la mejor posición para la ventana, siempre que el componente 0 esté incluido en la ventana y la posición de la ventana sea común para todas las capas. En la práctica, el UE selecciona e informa el componente inicial de la ventana,  $M_{inicial} \in \{-N + 1, -N + 2, \dots, 0\}$ . Tenga en cuenta que un valor negativo de  $M_{inicial}$  significa que la ventana envuelve el conjunto de componentes  $N_3$ , es decir, todos los componentes  
30 candidatos se representan en módulo  $N_3$ .

Un principio de diseño en el informe de  $W_f$  en 3GPP Rel-16 es que el coeficiente más fuerte para cada capa se encuentra en la primera columna del mapa de bits asociado a los

coeficientes distintos de cero de  $W_2$ , que corresponde al componente 0.  $W_2$ , se informa utilizando un mapa de bits de tamaño  $K_1 \times M_v$ , el mapa de bits indica la posición de los coeficientes distintos de cero informados y las amplitudes y fases de los coeficientes se informan en secuencia después de la indicación del mapa de bits, en donde  $K_1 \leq P$  es el

5 número de puertos CSI-RS que un UE está configurado para seleccionar. Esto lo garantiza el UE configurado para aplicar dos desplazamientos cíclicos para cada capa  $l$ : un primer desplazamiento cíclico,  $-n_{3,l}^{(f_l^*)}$ , se aplica módulo  $N_3$  a todos los  $M_v$  componentes de  $W_f$  para una capa determinada, de modo que el componente del coeficiente más fuerte se mueve a la posición 0. Un segundo desplazamiento cíclico,  $-f_l^*$ , que está relacionado con

10 el primero, se aplica módulo  $M_v$  a las columnas de  $W_2$ , es decir, al mapa de bits de tamaño  $2L \times M_v$  y el orden correspondiente en el que se informan los coeficientes de amplitud y fase. Tenga en cuenta que  $f_l^* \in \{0, 1, \dots, M_v - 1\}$  es el índice de columna del coeficiente más fuerte de  $W_2$  antes del desplazamiento, mientras que  $n_{3,l}^{(f_l^*)}$  es el índice del componente FD del coeficiente más fuerte antes del desplazamiento. Después de estos desplazamientos

15 cíclicos, un UE informa los  $M_v - 1$  componentes distintos de cero de  $W_f$  en relación con el componente 0, que es, después del desplazamiento, el componente del coeficiente más fuerte. Un UE también informa  $W_2$  después del desplazamiento, de modo que las columnas de  $W_2$  corresponden a los  $M_v$  componentes de  $W_f$  en orden creciente de su índice: la primera columna de  $W_2$  corresponde al componente 0 (componente del coeficiente más fuerte después el desplazamiento), la segunda columna de  $W_2$  corresponde al primer componente

20 informado de  $W_f$ , la tercera columna de  $W_2$  corresponde al segundo componente informado de  $W_f$ , etc. El gNB no necesita conocer el  $f_l^*$  porque el primer desplazamiento cíclico se aplica a los componentes de  $W_f$  antes de informar. Este principio explota una propiedad de los vectores de precodificadores indicada por un Indicador de matriz de precodificación

25 (PMI), cuyo rendimiento no se ve afectado por un desplazamiento cíclico de los componentes en  $W_f$ .

De acuerdo con 3GPP Rel-16, la posición del coeficiente más fuerte en la matriz  $W_2$  se informa para cada capa porque sirve como referencia de amplitud para los otros coeficientes distintos de cero en  $W_2$ . La posición informada puede comprender solo el índice

30 de la fila porque el gNB puede asumir que la columna es la primera columna.  $W_2$  es específico de la capa. Por lo tanto, el gNB que recibe el informe puede esperar que el

coeficiente más fuerte esté en el componente 0, es decir, la primera columna de  $W_2$  y, por lo tanto, el indicador de coeficiente más fuerte (SCI) solo indica el índice de haz, es decir, el índice de fila de  $W_2$  correspondiente a su localización. En la práctica, el mecanismo de ventana utilizado en 3GPP Rel-16 para  $N_3 > 19$  funciona de manera que el UE desplaza el componente del coeficiente más fuerte para cada capa a la posición 0, luego determina el mejor valor de  $M_{inicial}$ , común para todas las capas, y luego selecciona  $M_v$  componentes diferentes para cada capa dentro de una ventana de componente de longitud  $N$  a partir de  $M_{inicial}$ . De esta manera, todos los  $M_v$  componentes de cada capa, después del desplazamiento cíclico  $n_{3,l}^{(f_i^*)}$ , caen dentro de la ventana de informes comenzando en  $M_{inicial}$ .

También se puede suponer que  $W_f$  es una común a las capas. En tal caso, los indicadores propuestos como  $M_{inicial}$  o la posición del coeficiente más fuerte pueden ser comunes para las capas.

Para los libros de códigos PS FeType II, el acuerdo actual es que los  $M_v$  componentes, también conocidos como bases de dominio de frecuencia (FD), están limitados dentro de una única ventana/conjunto de tamaño  $N$ . Al menos para el rango 1, las bases de FD utilizadas para la cuantificación de  $W_f$  están limitadas dentro de una única ventana/conjunto con tamaño  $N$  configurado para el UE. Se ha propuesto que las bases de FD en la ventana deben ser consecutivas a partir de una matriz de DFT ortogonal. Una propuesta alternativa es que las bases de FD en el conjunto pueden ser consecutivas/no consecutivas y gNB las selecciona libremente a partir de una matriz de DFT ortogonal. Otras condiciones tales como, por ejemplo, si  $W_f$  se puede activar/desactivar y/o el valor asociado de  $M_v$  y si esto se aplica cuando  $W_f$  se desactiva, todavía están abiertas. Una ventana de medición configurada por el gNB puede restringir la selección de los  $M_v$  vectores de  $W_f$  y es común a las capas. Además, no está claro y puede tener diferentes interpretaciones. Por ejemplo, la ventana se puede usar para limitar la separación máxima entre los  $M_v$  componentes para cada capa para  $M_v > 1$ . Tenga en cuenta que esto es diferente de la ventana en Rel-16 PS para  $N_3 > 19$ , en donde la ventana  $IntS$ , de tamaño  $2M_v$ , es común a las capas, por lo tanto, limita la separación máxima entre los componentes seleccionados en todas las capas después de alinear los componentes del coeficiente más fuerte. Otra posible interpretación es que la ventana configura un conjunto de vectores de DFT para la medición de  $W_2$ , es decir, un UE está configurado para medir (al menos) los vectores de DFT en la

ventana (pero puede medir más) y seleccionar  $M_v$  componentes que abarcan como máximo  $N$  componentes, es decir, caben dentro de la ventana configurada, después de un desplazamiento apropiado, si es necesario. Tenga en cuenta que un UE puede calcular más de  $N$  componentes y elegir el mejor  $M_v$  fuera de la ventana de medición configurada que comprende componentes FD de 0 a  $N - 1$ , siempre que los componentes seleccionados encajen dentro de la ventana después de un desplazamiento cíclico común a todos los  $M_v$  componentes. De hecho, dos selecciones diferentes de  $W_f$  obtenidas entre sí mediante un desplazamiento cíclico producen diferentes  $W_2$ , pero pueden informarse como el mismo  $W_f$  sin afectar el rendimiento del precodificador.

Son posibles dos alternativas más con respecto a la relación entre los parámetros  $N$  y  $M_v$ . Los valores candidatos para  $M_v$  en Rel-17 son más pequeños que en Rel-16 y solo se consideran 1, 2 (y posiblemente 4). El tamaño de ventana/conjunto de Rel-17 también es más pequeño en comparación con Rel-16, siendo los valores candidatos más probables también 1, 2, 3 y 4. Al menos para el rango 1, se ha propuesto para la relación entre  $N$  y  $M_v$  que  $N = M_v$ , o que  $N \geq M_v$ . El o los valores candidatos de  $N$  están en estudio, pero pueden ser, por ejemplo, 2, 4.

Una diferencia entre el mecanismo de ventana/conjunto en Rel-17 y el de Rel-16 es que la elección de ventana/conjunto la realiza el gNB, en lugar del UE, mediante la explotación de la reciprocidad parcial de retrasos entre el canal UL y DL en la operación FDD. Sin embargo, la posición del coeficiente más fuerte en cada capa se determina en el UE porque los componentes de desvanecimiento rápido del canal no son recíprocos. Por lo tanto, si se reutiliza el mismo principio de diseño que Rel-16, lo que significa que un gNB espera el coeficiente más fuerte en la primera columna de  $W_f$ , es posible que un UE desplace los  $M_v$  componentes fuera de la ventana configurada.

Este problema fuera de ventana puede ocurrir en el diseño del libro de códigos de selección de puerto (PS) Rel-17, por ejemplo, para configuraciones de  $W_f$  con  $M_v > 1$ . Para ilustrar, considere un ejemplo con la combinación de parámetros  $N = M = 2$  donde la ventana está formada por dos componentes consecutivos de Transformada Digital de Fourier (DFT), 0 y 1. La Figura 3 muestra los componentes del dominio de frecuencia (FD) y la ventana configurada en red de tamaño  $N=2$  para dos capas. Para cada capa, las barras verticales corresponden a los  $M_v=2$  componentes de FD. La altura de la barra ilustra la amplitud de los coeficientes de combinación de  $W_2$  para el puerto con el coeficiente más fuerte en cada

capa. Cabe señalar que cada capa consta de  $K_1 \leq P$  puertos seleccionados por el UE del total de  $P$  puertos CSI-RS y, por lo tanto, el tamaño de la matriz  $W_2$  es  $K_1 \times M_v$ , para cada capa. También se observa que los  $M_v$  componentes son comunes para todos los puertos de una capa y, en este caso, para todas las capas, es decir, son comunes a la capa. Sin embargo, la Figura 3 sólo ilustra las amplitudes de los coeficientes  $M_v$  para el puerto donde se encuentra el más fuerte de los coeficientes  $K_1 M_v$ .

Para la capa 1, el coeficiente más fuerte se encuentra en el componente 1 de un puerto, por lo tanto, se aplica un desplazamiento cíclico de -1, módulo  $N_3 = 13$ , para mover el componente de FD del coeficiente más fuerte al componente 0, al reutilizar el mismo principio de diseño que en Rel-16 PS. El desplazamiento es cíclico porque el componente 0 se desplaza a -1, que corresponde al componente -1 mod 13=12, mientras que el componente 1 se desplaza al componente 0. Para la capa 2, el coeficiente más fuerte ya se encuentra en el componente 0, por lo tanto, hay no hay necesidad de un desplazamiento. Después del desplazamiento en la capa 1, un componente se movió fuera de la ventana configurada por el gNB, lo que se muestra en una situación posible para la capa 1 (A). En una situación posible para la capa (B), ambos componentes están dentro de la ventana. Debido a la diferencia, un UE necesita señalar una de las dos combinaciones al gNB para cada capa.

La reutilización de indicadores definidos en Rel-16 CB sin modificaciones no es posible en Rel-17. De hecho, el indicador  $i_{1,5}$  ( $M_{inicial}$  común a la capa) definido en el mecanismo de ventana de los CB regulares y de selección de puerto Rel-16 es común a la capa y no es posible encontrar una posición de la ventana que sea común a ambas capas en la figura 7. El indicador  $i_{1,6,l}$  ( $W_f$  específico de la capa) tampoco es adecuado, porque, si el tamaño de la ventana  $N = 2$  se reemplaza en la definición de  $i_{1,6,l}$ , se obtiene un único punto de código para  $W_f$ , de la siguiente manera:

$$i_{1,6,l} \in \left\{ 0, 1, \dots, \left( \frac{N-1}{M_v-1} \right) - 1 \right\} = \{0\}. \quad (1)$$

Esto no permite distinguir las dos combinaciones en (A) y (B).

Por lo tanto, al reutilizar los indicadores para  $W_f$  definidos en Rel-16 cuando  $W_f$  está limitado dentro de una ventana de tamaño  $N$ , en el caso de la figura 3 no hay informes de  $W_f$ , pero el gNB no podría distinguir entre los dos  $W_f$  para la capa 1 (A) y la capa 2 (B).

El problema fuera de la ventana ilustrado en (A) de 3 podría evitarse si no se sigue el principio de diseño Rel-16 de que el coeficiente más fuerte se encuentra en la primera columna de  $W_2$ . El componente del coeficiente más fuerte podría entonces ser cualquiera de los  $M_v$  componentes. Sin embargo, este enfoque requeriría cambios engorrosos de las reglas de omisión ya que el mapeo de información de control de enlace ascendente (UCI) del PMI en la parte 2 del informe de CSI necesitaría cambios. La omisión de UCI es un mecanismo para que el UE elimine parte de la carga útil de PMI cuando el recurso del canal compartido de enlace ascendente físico (PUSCH) no es suficiente para acomodar el informe completo. Las reglas de omisión para los CB Rel-16 Tipo II están diseñadas para asignar un valor de prioridad más alto,  $\text{Pri}(l,i,f)$ , a la primera columna de  $W_2$ , de modo que  $W_2$  se pueda dividir en dos partes asignadas a diferentes grupos de prioridad, de modo que es menos probable que se omita el coeficiente más fuerte para cada capa. Si el coeficiente más fuerte puede estar en cualquiera de los  $M_v$  componentes, la probabilidad de omitir el coeficiente más fuerte aumenta, lo que puede afectar el rendimiento en caso de que se produzca una omisión.

A continuación se analizan con más detalle ejemplos de una ventana de informes para  $W_f$  y una ventana de medición para  $W_f$ . La ventana de informes puede ser configurada por una entidad de red, por ejemplo por el gNB y el UE se puede configurar en consecuencia. El tamaño de la ventana de informes se puede definir de diferentes maneras; a continuación se explican en detalle ejemplos de esto.

La figura 4 muestra un diagrama de flujo de un ejemplo para la operación de un dispositivo que recibe y usa la información de configuración, por ejemplo el dispositivo 10 de la figura 1. En el método se proporciona un indicador de matriz de precodificación para un informe de información del estado del canal configurado con un libro de códigos de selección de puerto, dicha información de configuración para configurar una ventana de medición de una matriz de compresión del libro de códigos de selección de puerto, definiendo la información de configuración el tamaño de la ventana de medición, se recibe en 100. El dispositivo puede entonces seleccionar el número de componentes de la ventana de medición en función de la información de configuración en 102. Una ventana de informes de la matriz de compresión se indica en 104 en función de un desplazamiento cíclico de la ventana de medición, de modo que el componente más fuerte en cada capa se desplaza a una posición de componente predefinida. De acuerdo con un ejemplo, el componente más fuerte se desplaza al componente del índice 0.

En la figura 7 se muestra un ejemplo más detallado de envío de indicaciones específicas de capa de la posición inicial.

De acuerdo con una posibilidad, la ventana de informes se configura como una extensión de la ventana de medición. Un ejemplo de esto se muestra en la figura 8 donde la extensión se fija sin necesidad de informar una indicación de la ventana de informes. En este caso, la operación en el bloque 104 de la figura 4 comprendería el uso de una configuración recibida de una ventana de informes que define una extensión de la ventana de medición de manera que el componente de dominio de frecuencia del coeficiente más fuerte en cada capa se desplace a una posición de componente predefinida. Por ejemplo, el componente más fuerte se desplaza a la posición del componente del índice 0.

La figura 5 muestra un diagrama de flujo de un ejemplo de operación en un dispositivo proporcionado en una red de acceso, por ejemplo el punto de acceso 12 de la figura 1, para configurar un dispositivo para señalar información en relación con comunicaciones de canales múltiples. En el método, el dispositivo envía en 200 información de configuración para configurar una ventana de medición de una matriz de compresión de un libro de códigos de selección de puerto. La información de configuración define el número de componentes de coeficientes en el dominio de frecuencia de la ventana de medición. Luego se recibe, en 202, un informe de información del estado del canal que incluye el indicador de matriz de precodificación. Se recibe una ventana de informes de un libro de códigos de selección de puerto en función de un desplazamiento cíclico de la ventana de medición de modo que el componente del dominio de frecuencia del coeficiente más fuerte en cada capa se desplaza a un componente predefinido, por ejemplo el componente del índice 0. El dispositivo puede luego reconstruir precodificadores en función del indicador de matriz de precodificación en 204.

De acuerdo con una alternativa, en lugar de un desplazamiento cíclico, la ventana de informes está configurada como una extensión de la ventana de medición. Un ejemplo de esto se muestra en la figura 8.

A continuación se proporcionan ejemplos más detallados de posibles formas de uso de la precodificación agrupada.

La figura 6 muestra un diagrama de flujo de señalización de acuerdo con un ejemplo entre dos dispositivos de comunicación, y más particularmente entre un UE 10 y un gNB 12, para la configuración, medición y generación de informes del libro de códigos de selección de puerto donde se comunica un tamaño de ventana específico al UE. Más particularmente,

el gNB 12 envía el mensaje 60 al UE, el mensaje incluye una configuración de capa superior que incluye un parámetro  $N$  del lado de la ventana para restringir la selección de  $M_v$  vectores. En el ejemplo, se muestra que la configuración comprende el elemento '*CodebookConfig-r17*'.

5 El UE puede responder con una señal de referencia de sonido (SRS) 61, después de lo cual el gNB puede determinar en 62 un conjunto de pares de vectores CSI-RS, en dominios espacial y de frecuencia. El gNB puede explotar la reciprocidad parcial UL-DL, por ejemplo como se explicó anteriormente. Luego, cada puerto CSI-RS se precodifica en 63 a través de antenas de transmisión (tx) y unidades de frecuencia con un par de vectores de precodificadores. La CSI-RS precodificada se comunica al UE mediante el mensaje 64.

10 El UE ahora puede calcular en 65, cantidades de informe de CSI configuradas, por ejemplo, en '*CSI-ReportConfig*', incluido el PMI. El PMI informado por el mensaje 66 puede incluir un índice por capa asociado con los  $M_v$  vectores seleccionados. Luego, el gNB puede combinar en 67 el PMI recibido con los pares de vectores del precodificador CSI-RS determinados en 62 para obtener el precodificador para el canal físico compartido de enlace descendente (PDSCH) y la señal de referencia de demodulación (DMRS). Los datos precodificados y el DMRS pueden entonces señalarse al UE en 68.

20 A continuación se explica con más detalle, a modo de ejemplos, una disposición de libro de códigos mejorada para señalización de información de estado de canal de selección de puerto (CSI de PS) donde UE informa un indicador de matriz de precodificación (PMI) en un informe de información de estado de canal (CSI). configurado con un libro de códigos de selección de puerto en el que  $M_v$  vectores basados en DFT de  $W_f$  están restringidos en una ventana de medición configurada de tamaño  $N$  y se espera que el coeficiente más fuerte en cada capa esté ubicado en la primera columna del mapa de bits de los coeficientes informados de  $W_2$  distintos de cero. Luego, el gNB puede reconstruir los precodificadores a partir del PMI. Uno o más índices del PMI están asociados a una ventana de informes para  $W_f$ , que puede ser diferente a la ventana de medición configurada.

25 Esto puede ser particularmente relevante en el contexto de las operaciones de compresión en el dominio de frecuencia (FD). En determinadas aplicaciones, las operaciones de compresión se pueden mover, al menos parcialmente o en su mayor parte, del UE al gNB. La mejora se basa en la suposición de reciprocidad parcial de los retrasos del conjunto en los canales UL y DL y en la flexibilidad en el uso de componentes del dominio de frecuencia.

Un primer ejemplo se ilustra en la figura 7. Los  $M_v-1$  componentes distintos de cero, si se informan, se indican con respecto a la ventana de informes. El informe se basa en una ventana de informes específica de la capa de tamaño  $N$  y punto inicial  $M_{initial,l}^R \in \{-N+1, -N+2, \dots, 0\}$ , para la capa  $l = 1, \dots, v$ .

5 Se puede informar un índice por capa. El índice puede corresponder al desplazamiento cíclico necesario para mover el componente del coeficiente más fuerte a un componente predefinido, preferiblemente 0. La ventana de medición configurada por el gNB restringe la selección de los  $M_v$  vectores de  $W_f$  y es común a las capas. La ventana de informes puede ser una versión desplazada específica de la capa de la ventana de medición  
10 común a las capas. La ventana de informes se puede obtener en función de la ventana de medición configurada al aplicar el desplazamiento cíclico de manera que el componente del coeficiente más fuerte se mueva al componente 0 y luego se informe un índice al gNB que indica el desplazamiento para cada capa.

Los  $M_v$  componentes se pueden configurar para que sean consecutivos. El índice  
15 asociado a la ventana de informes puede corresponder al componente del coeficiente más fuerte dentro de la ventana de medición configurada. El UE puede aplicar un desplazamiento cíclico de -índice ("un desplazamiento cíclico a la izquierda del índice") módulo  $M_v$  a las columnas del  $W_2$ , antes de informar, incluido el mapa de bits de los coeficientes distintos de cero informados y los índices correspondientes de las amplitudes y fases de estos  
20 coeficientes distintos de cero, de modo que el coeficiente más fuerte se mueva a la primera columna. El UE se puede configurar para que no informe  $M_v-1$  componentes distintos de cero. Un desplazamiento cíclico de un valor entero negativo, indicado arriba como -índice, aplicado a un componente  $x$  módulo  $y$  es un desplazamiento circular hacia la izquierda, es decir, resta el índice de  $x$  y se expresa mediante la operación:  $(x - \text{índice}) \bmod y$ . Por el  
25 contrario, un desplazamiento cíclico de un valor entero positivo, índice, se expresa mediante la operación:  $(x + \text{índice}) \bmod y$ .

Un segundo ejemplo se basa en una ventana de informes común a las capas de tamaño  $2N-1$  y punto inicial fijo  $M_{initial}^R = -N+1$ , como se muestra en la figura 8. La ventana de informes se puede obtener desde la ventana de medición configurada al extender  
30 la ventana de medición en un lado con  $N-1$  componentes consecutivos adicionales. Como se indicó anteriormente,  $M_v-1$  componentes distintos de cero, si se informan, se indican con respecto a la ventana de informe.

Es posible que el componente más fuerte ya esté en la posición del primer componente (componente 0 en las figuras 7 y 8). En tal caso, el UE puede utilizar selectivamente una ventana de informes que corresponda a la ventana de medición. De acuerdo con un ejemplo, un UE puede configurarse para que sea capaz de determinar si el  
5 toque más fuerte en cualquiera de las capas es en un componente diferente al primer componente y, en respuesta a ello, aplicar selectivamente cambios a la ventana de informes desde la ventana de medición. Si es necesario, el UE puede indicar selectivamente los cambios al gNB. Las figuras 9, 10 y 11 se refieren a un ejemplo en el que se mantiene el tamaño y la posición de la ventana de medición como está. En cambio, el UE toma otra  
10 acción en vista de los componentes más fuertes, como se explicará con más detalle más adelante en su especificación.

En una configuración más específica, aplicable por ejemplo a la selección de puerto (PS) de tipo 3GPP Rel-17, y donde  $N = M_v = 2$ , los ejemplos de las figuras 7 y 8 permiten informar un índice binario por capa. En otras configuraciones posibles con  $N = M_v > 2$  o  $N >$   
15  $M_v \geq 2$  y una restricción adicional de que los  $M_v$  componentes deben ser consecutivos, el ejemplo de la figura 7 puede ser más eficiente en términos de sobrecarga de señalización en comparación con el segundo ejemplo. También cabe señalar que, en estos casos, el primer ejemplo también se puede describir como que informa un  $\text{índice}_l \in \{0, 1, \dots, M_v - 1\}$  para cada capa  $l = 1, \dots, v$ , correspondiente al componente del coeficiente más fuerte antes del desplazamiento cíclico. Este índice,  $\text{índice}_l$ , es igual a  $f_l^*$ , y, por lo tanto, puede  
20 informarse como un índice de columna del indicador de coeficiente más fuerte. Es posible que no sea necesario ningún informe adicional de  $W_f$  si los componentes están configurados para ser consecutivos.

Un UE puede aplicar un desplazamiento cíclico  $-\text{índice}_l = -f_l^*$  a las columnas de  
25  $W_2$ , incluido el mapa de bits de los coeficientes distintos de cero informados y las matrices de amplitudes y fases de estos coeficientes distintos de cero, de modo que el coeficiente más fuerte se mueva a la primera columna.  $W_2$  es una matriz  $K_1 \times M_v$  de coeficientes complejos para cada capa donde solo se informan coeficientes de combinación distintos de cero. Los componentes de  $W_f$ , si se informan, se informan con referencia al componente de  
30 índice más bajo, en lugar del componente del coeficiente más fuerte, de modo que siempre se garantiza que los  $M_v - 1$  componentes informados estén dentro de la ventana de medición de tamaño  $N$  configurado por el gNB. En la práctica, el UE puede aplicar un desplazamiento

cíclico a los componentes de  $W_f$  igual al índice del primer componente,  $-n_{3,l}^{(0)}$ , en lugar de  $-n_{3,l}^{(f)}$  como sería el caso en Rel-16. El gNB, al reconstruir el PMI, puede aplicar un desplazamiento cíclico opuesto,  $index_I$ , a las columnas del  $W_2$  reconstruido de modo que correspondan uno a uno a los componentes de  $W_f$  en orden ascendente del índice: la primera columna de  $W_2$ , después del desplazamiento  $index_I$ , corresponde al componente del índice 0, la segunda columna de  $W_f$  al componente de índice más bajo entre  $M_v-1$  componente informado (es decir, al primer componente informado), etc. hasta la última columna de  $W_f$  correspondiente al último de los  $M_v-1$  componentes informados. De manera equivalente, el gNB puede obtener los componentes de  $W_f$  para la capa  $l$  después de aplicar el desplazamiento cíclico:  $(n_{3,l}^{(f)} - n_{3,l}^{(index_I)}) \bmod N_3$ . En este caso, el gNB aplicaría el  $W_2$  reconstruido sin desplazamientos cíclicos.

A continuación se describen más detalles posibles para modificar los índices  $i_{1,5}$  e  $i_{1,6}$  introducidos en 3GPP Rel-16.

En el primer ejemplo, los  $M_v$  vectores de  $W_f$ , para la capa  $l = 1, \dots, v$ , pueden identificarse mediante  $M_{inicial,l}^R$  y  $n_{3,l}$

$$M_{inicial,l}^R \in \{-N+1, -N+2, \dots, 0\} \quad (2)$$

$$n_{3,l} = [n_{3,l}^{(0)}, \dots, n_{3,l}^{(M_v-1)}] \quad (3)$$

donde  $M_{inicial,l}^R$  se indica mediante un índice  $i_{1,5,l}$  con valor establecido

$$i_{1,5,l} \in \{0, 1, \dots, N-1\} \quad (4)$$

y  $n_{3,l}$  se indica mediante un índice combinatorio  $i_{1,6,l}$  con valor establecido

$$i_{1,6,l} \in \left\{0, 1, \dots, \binom{N-1}{M_v-1} - 1\right\}. \quad (5)$$

Esto se ilustra en la figura 7. El mapeo de  $M_{inicial,l}^R$  a  $i_{1,5,l}$  y el mapeo de los índices distintos de cero de  $n_{3,l}^{(f)}$  en la ventana de informes para la capa  $l$  a  $i_{1,6,l}$  pueden reutilizar la descripción en la Sección 5.2.2.2.5 de TS 38.214 Re-16 con las siguientes modificaciones:  $M_{inicial}$  se reemplaza por  $M_{inicial,l}^R$  de (2) y  $2M_v$  se reemplaza por  $N$ . Más precisamente:  $M_{inicial,l}^R$  se indica mediante  $i_{1,5,l}$ , que se informa y se proporciona mediante

$$i_{1,5,l} = \begin{cases} M_{inicial,l}^R & M_{inicial,l}^R = 0 \\ M_{inicial,l}^R + N & M_{inicial,l}^R < 0 \end{cases} \quad (6)$$

Solo se informan los índices distintos de cero  $n_{3,l}^{(f)} \in \text{Int}S$ , en donde  $\text{Int}S = \{ (M_{\text{inicial},l}^R + i) \bmod N_3, i = 0, 1, \dots, N - 1 \}$ , donde los índices  $f = 1, \dots, M_v - 1$  se asignan de manera que  $n_{3,l}^{(f)}$  aumenta a medida que  $f$  aumenta. Ver

5

$$n_l^{(f)} = \begin{cases} n_{3,l}^{(f)} & n_{3,l}^{(f)} \leq M_{\text{inicial},l}^R + N - 1 \\ n_{3,l}^{(f)} - (N_3 - N) & n_{3,l}^{(f)} > M_{\text{inicial},l}^R + N - 1 \end{cases} \quad (7)$$

entonces  $i_{1,6,l} = \sum_{f=1}^{M_v-1} C(N - 1 - n_l^{(f)}, M_v - f)$ , donde  $C(x, y)$  se proporciona en la Tabla 5.2.2.2.5-4 de 3GPP TS 38.214 Rel-16.

Para operar de acuerdo con la figura 7, el UE se puede configurar para aplicar un desplazamiento cíclico de  $-n_{3,l}^{(f_i^*)}$  a los componentes de  $W_f$ , módulo  $N_3$ :  $n_{3,l}^{(f)} = (n_{3,l}^{(f)} - n_{3,l}^{(f_i^*)}) \bmod N_3$ . El UE puede aplicar un desplazamiento cíclico de  $-f_i^*$  a las columnas de  $W_2$ , módulo  $M_v$ :  $f = (f - f_i^*) \bmod M_v$ . El UE puede informar  $n_{3,l}^{(f)}$  para  $f = 1, \dots, M_v - 1$ , después del desplazamiento al usar  $\lceil \log_2 \left( \frac{N-1}{M_v-1} \right) \rceil$  bits. El UE también puede informar  $-M_{\text{inicial},l}^R \in \{0, 1, \dots, N - 1\}$ , para la capa  $l$  al usar  $\lceil \log_2 N \rceil$  bits. El UE informa la posición del coeficiente más fuerte de la capa  $l$  mediante  $i_l^*$ , al utilizar  $i_l^* \in \{0, 1, \dots, K_1 - 1\} \lceil \log_2 K_1 \rceil$  bits. En el segundo ejemplo, los  $M_v$  vectores de  $W_f$ , para la capa  $l = 1, \dots, v$ , se identifican  $n_{3,l}$  de (3), indicado por un índice combinatorio  $i_{1,6,l}$  con valor establecido

15

$$i_{1,6,l} \in \left\{ 0, 1, \dots, \left( \frac{2(N-1)}{M_v-1} \right) - 1 \right\} \quad (8)$$

20

El mapeo de los índices distintos de cero de  $n_{3,l}^{(f)}$  en la ventana de informes para la capa  $l$  a  $i_{1,6,l}$  puede reutilizar la descripción en la Sec. 5.2.2.2.5 de 3GPP TS 38.214 Rel-16 con las siguientes modificaciones:  $M_{\text{inicial}}$  se reemplaza por  $M_{\text{inicial}}^R = -N + 1$  para todas las capas y  $2M_v$  se reemplaza por  $2N - 1$ . Más precisamente:

25

Solo se informan los índices distintos de cero  $n_{3,l}^{(f)} \in \text{Int}S$ , donde  $\text{Int}S = \{ (-N + 1 + i) \bmod N_3, i = 0, 1, \dots, N - 1 \}$ , done los índices  $f = 1, \dots, M_v - 1$  se asignan de manera que  $n_{3,l}^{(f)}$ , aumenta a medida que aumenta  $f$ . Ver

$$n_l^{(f)} = \begin{cases} n_{3,l}^{(f)} & n_{3,l}^{(f)} \leq 0 \\ n_{3,l}^{(f)} - (N_3 - 2N + 1) & n_{3,l}^{(f)} > 0 \end{cases} \quad (9)$$

luego  $i_{1,6,l} = \sum_{f=1}^{M_v-1} C(2N - 2 - n_l^{(f)}, M_v - f)$ , donde  $C(x,y)$  se proporciona en la Tabla 5.2.2.2.5-4 de 3GPP TS 38.214 Rel-16.

- 5 Para operar de acuerdo con la figura 8, el UE puede configurarse para aplicar un desplazamiento cíclico de  $-n_{3,l}^{(f_i^*)}$  a los componentes de  $W_f$ , módulo  $N_3$ :  $n_{3,l}^{(f)} = (n_{3,l}^{(f)} - n_{3,l}^{(f_i^*)}) \bmod N_3$ . El UE puede aplicar un desplazamiento cíclico de  $-f_l^*$  a las columnas de  $W_2$ , módulo  $M_v$ :  $f = (f - f_l^*) \bmod M_v$ . El UE informa  $n_{3,l}^{(f)}$  para  $f = 1, \dots, M_v - 1$ , después del desplazamiento al usar  $\left\lceil \log_2 \left( \frac{2N - 2}{M_v - 1} \right) \right\rceil$  bits, y el UE informa la posición del coeficiente más
- 10 fuerte de la capa  $l$  por medio de  $i_l^*$ , con  $i_l^* \in \{0, 1, \dots, K_1 - 1\}$  al usar  $\lceil \log_2 K_1 \rceil$  bits

Para un caso especial de  $N = M_v = 2$ , ambos ejemplos anteriores requieren solo señalización de 1 bit por capa. En particular, para el primer ejemplo, solo se informa  $i_{1,5,l} \in \{0, 1\}$  y  $i_{1,6,l} = 0$  no se informa. Por otro lado, para el segundo ejemplo, solo se informa  $i_{1,6,l} = \{0, 1\}$ .

- 15 En el caso  $N = M_v > 2$ , sin embargo, el primer ejemplo requiere menos bits que el segundo ejemplo. En particular, para el primer ejemplo, solo se informa  $i_{1,5,l} \in \{0, 1, \dots, M_v - 1\}$  e  $i_{1,6,l} = 0$  no se informa. Por lo tanto, se necesitan  $\lceil \log_2 M_v \rceil$  bits por capa. Por otro lado, el segundo ejemplo se vuelve rápidamente ineficiente ya que requiere 3 bits para  $N = M_v = 3$ , 5 bits para  $N = M_v = 4$ , etc., mientras que el primer ejemplo requiere 2 bits en ambos casos.

- 20 Además, en caso de que el gNB configure los  $M_v$  componentes seleccionados para que sean consecutivos dentro de una ventana de medición de tamaño  $N > M_v$ , el primer ejemplo aún se puede usar al especificar la misma señalización que para el caso  $N = M_v$ , es decir, al informar solo  $i_{1,5,l} \in \{0, 1, \dots, M_v - 1\}$ . Tal configuración tendrá un efecto positivo en la reducción de la sobrecarga de UL ya que el UE no necesita devolver información adicional
- 25 sobre  $W_f$  aparte de este índice específico de la capa. Esta configuración se refiere a los  $M_v$  componentes de  $W_f$  que se configuran para que sean consecutivos dentro de la ventana de tamaño  $N$ .

Las figuras 9, 10 y 11 se refieren a un aspecto en el que no se aplica ningún cambio como tal al tamaño y la posición de una ventana de informes en relación con la configuración de la ventana de medición. En cambio, el componente más fuerte informado se puede indicar de manera que pueda estar en una posición diferente a la de la primera columna.

5           En el diagrama de flujo de la figura 9, un dispositivo recibe en 300 información de configuración para configurar una ventana de medición de una matriz de compresión del libro de códigos de selección de puerto, definiendo la información de configuración el tamaño de la ventana de medición. Luego el dispositivo selecciona en 302 el número de componentes de coeficiente de la ventana de medición en función de la información de configuración. Al  
10           informar, el dispositivo indica en 304 el índice de filas y columnas de la posición de los componentes de coeficientes más fuertes en una matriz de coeficientes de combinación distintos de cero para cada capa y aplica un desplazamiento cíclico a las columnas de la matriz de coeficientes de combinación distintos de cero para cada capa de modo que el coeficiente más fuerte se desplaza a la primera columna.

15           El diagrama de flujo de la figura 10 se relaciona con el funcionamiento en un dispositivo de red que recibe el informe. El dispositivo envía en 400 información de configuración para configurar una ventana de medición de una matriz de compresión de un libro de códigos de selección de puerto, definiendo la información de configuración el número de componentes de la ventana de medición. El informe de CSI que incluye el PMI se recibe  
20           entonces en 402. En el informe se indica un índice de filas y columnas para la posición del coeficiente más fuerte en una matriz de coeficientes de combinación distintos de cero para cada capa y se aplica un desplazamiento cíclico a las columnas de la matriz de coeficientes de combinación distintos de cero para cada capa de modo que la primera columna se desplaza al índice de columna indicado.

25           El UE puede informar  $W_f$  con respecto al primer componente en lugar del componente del coeficiente más fuerte. No es necesaria una  $M_{\text{inicial}}$  específica de la capa porque no hay componentes fuera de la ventana. El UE aún puede aplicar el desplazamiento  $-f_I^*$  con respecto al coeficiente más fuerte a  $W_2$  y luego informar el valor de este desplazamiento como parte del indicador del coeficiente más fuerte.  $W_f$  no está alineado con  $W_2$  pero como  
30           gNB conoce el  $f_I^*$ , puede corregir el desplazamiento en  $W_f$  (ver figuras 12-14) o deshacer el desplazamiento en  $W_2$  (ver figuras 15-17). De cualquier manera, el gNB puede alinear  $W_f$  y  $W_2$  debido al informe adicional del índice de columna del coeficiente más fuerte. El  $W_f$

específico de la capa se puede informar para cada capa y puede comprender  $M_v-1$  componentes (el componente 0 siempre está ahí y no es necesario informarlo).

El UE se puede configurar para aplicar un desplazamiento cíclico de  $-n_{3,l}^{(0)}$  a los componentes de  $W_f$  (no se necesita módulo  $N_3$ ):  $n_{3,l}^{(f)} = (n_{3,l}^{(f)} - n_{3,l}^{(0)})$ . El UE puede aplicar un desplazamiento cíclico de  $-f_l^*$  a las columnas de  $W_2$ , módulo  $M_v$ :  $f = (f - f_l^*) \bmod M_v$ . El UE informa  $n_{3,l}^{(f)}$  para  $f = 1, \dots, M_v - 1$ , después del desplazamiento al usar  $\left\lceil \log_2 \left( \frac{N-1}{M_v-1} \right) \right\rceil$  bits.

El UE informa la posición del coeficiente más fuerte de la capa  $l$  mediante  $[i_l^*, f_l^*]$  con  $i_l^* \in \{0, 1, \dots, K_1 - 1\}$  y  $f_l^* \in \{0, 1, \dots, M_v - 1\}$  al usar  $\lceil \log_2 (K_1 M_v) \rceil$  bits (o  $\lceil \log_2 K_1 \rceil + \lceil \log_2 M_v \rceil$  bits).

Las figuras 12 a 17 muestran mapeos de índices para  $N$  valores 2, 3 y 4. La alineación de los índices de  $W_2$  y  $W_f$  se puede realizar al desplazar a índices de  $W_2$  (ejemplos en las figuras 15-17) o al desplazar a índices de  $W_f$  (ejemplos en las figuras 12-14). El diagrama de flujo en la figura 10 se relaciona con el desplazamiento de gNB en  $W_2$ .

Como se observó anteriormente, en los dos ejemplos anteriores  $N = M_v = 2$  también se puede describir en términos más simples al informar un  $\text{index}_l \in \{0, 1, \dots, M_v - 1\}$  para cada capa  $l = 1, \dots, v$ , correspondiente al componente del coeficiente más fuerte. Otra posible descripción es utilizar tablas para mapear el valor del índice (ya sea  $i_{1,5,l}$  o  $i_{1,6,l}$ ) al índice del componente de FD  $n_{3,l}^{(1)}$ , como se muestra en la Figura 15, que muestra el mapeo del informe del índice  $W_f$  al índice del componente  $n_{3,l}^{(1)}$  para  $N = M_v = 2$ . Se puede observar que  $n_{3,l}^{(0)} = 0$  por construcción denota el componente 0. Por lo tanto, la tabla muestra el valor del componente 1,  $n_{3,l}^{(1)}$ , obtenido en el gNB al tomar el valor distinto de cero después de aplicar el desplazamiento cíclico:  $(n_{3,l}^{(f)} - n_{3,l}^{(\text{index}_l)}) \bmod N_3 = (f - \text{index}_l) \bmod N_3$ , para  $n_{3,l}^{(f)}$ ,  $f \in \{0, 1\}$ . En otras palabras, la primera fila de la tabla corresponde a la capa 2 (B) de la figura 7, mientras que la segunda fila corresponde a la capa 1 (A) de la figura 7.  $N_3$  denota el número de subbandas del PMI y es igual 13 en la figura 7.

La figura 16 muestra un ejemplo de mapeo del informe de índice  $W_f$  al índice del componente  $[n_{3,l}^{(1)}, n_{3,l}^{(2)}]$  para  $N = M_v = 3$ .

La figura 17 muestra un ejemplo de mapeo del informe de índice  $W_f$  al índice del componente  $[n_{3,l}^{(1)}, n_{3,l}^{(2)}, n_{3,l}^{(3)}]$  para  $N = M_v = 4$ .

Para  $N = M_v = 3$  y  $N = M_v = 4$ , la figura 16 y la figura 17, respectivamente, muestran los valores de los componentes  $M_v$  obtenidos en el gNB después del desplazamiento:

$(f - \text{índice}_I) \bmod N_3$ , para  $f \in \{0,1,\dots,M_v\}$  y al reordenar en orden creciente.

Un dispositivo de comunicación, por ejemplo un equipo de usuario, puede comprender medios para informar un PMI en un informe de CSI configurado con un libro de códigos de selección de puerto en el que los  $M_v$  vectores basados en DFT de  $W_f$  están restringidos en una ventana de medición configurada de tamaño  $N$  y se espera que el coeficiente más fuerte en cada capa se ubique en la primera columna del mapa de bits de los coeficientes distintos de cero informados de  $W_2$ . Un dispositivo de red, por ejemplo un gNB, puede comprender medios para reconstruir los precodificadores a partir del PMI. Uno o más índices del PMI pueden estar asociados a una ventana de informes para  $W_f$ , que puede ser diferente a la ventana de medición configurada. La ventana de informes también puede ser común para todas las capas. Los  $M_v$  componentes pueden configurarse para que sean consecutivos y el índice asociado a la ventana de informes corresponde al componente del coeficiente más fuerte dentro de la ventana de medición configurada. El UE puede aplicar un desplazamiento cíclico de -índice a las columnas del  $W_2$ , antes de informar, incluido el mapa de bits de los coeficientes distintos de cero informados y las matrices de las amplitudes y fases de estos coeficientes distintos de cero, de modo que el coeficiente más fuerte se mueva a la primera columna. En este caso, es posible que no se informen los componentes  $M_v - 1$  distintos de cero.

Echemos un vistazo a otra posible solución para el problema fuera de la ventana con respecto a las figuras 18-20. En la práctica, en Rel-16 los componentes de  $W_f$ , que es específico de la capa, se desplazan en consecuencia con una operación módulo- $N_3$ . En el trabajo en curso de Rel-17 para especificar el libro de códigos PS FeType II, se acordó que los  $M_v$  componentes (también conocidos como dominio de frecuencia o bases de FD) están limitados dentro de una única ventana de tamaño  $N$  y punto inicial  $M_{\text{inic}} = 0$ .

Sin embargo, en Rel-17, debido a la restricción de tamaño de ventana/conjunto  $N$  configurada por el gNB, el SCI debe modificarse al agregar información relacionada con el componente FD del coeficiente más fuerte, es decir,  $n_{3,l}^{(f_I^*)}$  o  $f_I^*$ . La necesidad de esta modificación se puede ilustrar, por ejemplo, en el caso  $N = M_v = 2$ , para el cual  $W_f = [n_3^{(0)}, n_3^{(1)}] = [0, 1]$  es común a las capas y no se informa. La ventana de medición para  $W_f$  restringe la separación máxima entre los componentes seleccionados.

Tenga en cuenta que los  $M_v$  índices del libro de códigos asociados a los componentes vectoriales de la matriz de compresión  $W_f$  están dados por  $n_3^{(f)} \in \{0, 1, \dots, N - 1\}$ , con  $f = 0, 1, \dots, M_v - 1$ , y están indexados por  $f$ , que indica la columna correspondiente de la matriz de coeficientes de combinación distintos de cero,  $W_2$ . En esta descripción, también nos referimos a  $n_3^{(f)}$  como índices de componentes de FD (dominio de frecuencia) y a  $f$  como índice de columna de la matriz de coeficientes de combinación distintos de cero.

La figura 3 ilustra un ejemplo de esta configuración de ventana, en la que el coeficiente más fuerte de las capas 1 y 2 está en dos componentes diferentes. Debido a que  $W_f$  es común a las capas y no se informa, el primer componente,  $n_3^{(0)} = 0$ , puede no corresponder al componente del coeficiente más fuerte para alguna capa. Por lo tanto, ambas coordenadas  $[i_l^*, f_l^*]$  del coeficiente más fuerte deben informarse para cada capa  $l$  para poder ubicar el coeficiente más fuerte, donde  $i_l^* \in \{0, 1, \dots, K_1 - 1\}$  indica la fila de la matriz del coeficiente de combinación distinto de cero (que corresponde a uno de los  $K_1$  puertos CSI-RS seleccionados) y  $f_l^* \in \{0, 1, \dots, M_v - 1\}$  indica la columna de la matriz de coeficientes de combinación distintos de cero. Tenga en cuenta que en este caso, cuando  $N = M_v$ , el índice del componente de FD del coeficiente más fuerte,  $n_3^{(f_l^*)}$ , y el índice de columna del coeficiente más fuerte en  $W_2$ ,  $f_l^*$ , toman los mismos valores, es decir,  $n_3^{(f_l^*)} = f_l^*$ , por lo tanto,  $f_l^*$  se puede informar por separado con  $\lceil \log_2 N \rceil = \lceil \log_2 M_v \rceil$  bits, o conjuntamente con  $i_l^*$ , al utilizar  $\lceil \log_2 (K_1 M_v) \rceil$  bits.

En el acuerdo actual con respecto a la relación entre  $N$  y  $M_v$ , también existe la posibilidad de que  $N > M_v$ , en cuyo caso  $W_f$  necesita informes y puede ser común a las capas o específico de las capas. Para minimizar la sobrecarga y siguiendo el diseño de Rel-16, asumimos que en este caso  $W_f$  se informa mediante un coeficiente combinatorio al usar  $\left\lceil \log_2 \binom{N-1}{M_v-1} \right\rceil$  bits, de modo que el componente 0 siempre se incluye en  $W_f$  y no se informa. Debido a que solo se informan  $M_v - 1$  componentes de FD, es necesario especificar un componente de referencia, que determina la operación de desplazamiento de módulo- $N$  aplicada a los componentes de  $W_f$  antes de informar.

Para el libro de códigos de selección de puerto Rel-17, para informar los  $M_v$  componentes de  $W_f$  al usar  $\left\lceil \log_2 \binom{N-1}{M_v-1} \right\rceil$  bits, se propone reasignar los componentes con

respecto al componente del coeficiente más fuerte al usar una operación de módulo-N e informar solo los  $M_v - 1$  componentes distintos de cero después de la reasignación. Si no se aplica ninguna reasignación, se necesitarían  $\left\lceil \log_2 \left( \frac{N}{M_v} \right) \right\rceil$  bits para informar todos los  $M_v$  componentes, lo que generaría una mayor sobrecarga de retroalimentación.

- 5 En una modalidad, las bases de FD se desplazan con respecto a la base del coeficiente más fuerte,  $n_3^{(f_1^*)}$ , de modo que  $n_3^{(f)} = \left( n_3^{(f)} - n_3^{(f_1^*)} \right) \bmod N$ , después del desplazamiento. Esta operación es similar a lo que se realiza en Rel-16, excepto por la operación módulo-N, que en Rel-16 es módulo- $N_3$ , porque no hay una ventana de medición definida por gNB para  $W_f$  en Rel-16. La fórmula también supone que las bases de FD  $n_3^{(f)}$  (es decir, los índices del libro de códigos de los componentes vectoriales de la matriz de compresión  $W_f$ ) son comunes a las capas, es decir, se informa un único conjunto para todas las capas. Sin embargo, la operación también es aplicable en el caso de  $W_f$  específico de la capa.

- 15 En el gNB, usar las bases de FD informadas en la reconstrucción del precodificador no sería correcto, si  $f_1^* > 0$ , debido a la operación módulo-N que reasigna las bases de FD a la izquierda de  $n_3^{(f_1^*)}$ , es decir,  $n_3^{(0)}, \dots, n_3^{(f_1^* - 1)}$ , dentro de la ventana, como  $n_3^{(M_v - f_1^*)}, \dots, n_3^{(M_v - 1)}$ . Esta operación de módulo-N se puede deshacer en el gNB al reasignar con respecto a  $n_3^{(f_1^*)}$ , de modo que  $n_3^{(f)} = \left( n_3^{(f)} + n_3^{(f_1^*)} \right) \bmod N$ , después de la reasignación. Sin embargo, esto requeriría informar  $n_{3,l}^{(f_1^*)} \in \{0, 1, \dots, N - 1\}$  al usar  $\lceil \log_2 N \rceil$  bits. En cambio, la propuesta
- 20 permite una correcta desasignación al informar  $f_l^* \in \{0, 1, \dots, M_v - 1\}$ , que es uno de los dos índices de SCI,  $[i_l^*, f_l^*]$ . En la propuesta, el gNB reasigna/desasigna las bases de FD informadas con respecto a  $n_3^{(M_v - f_1^*)}$  como  $n_3^{(f)} = \left( n_3^{(f)} - n_3^{(M_v - f_1^*)} \right) \bmod N$ , de modo que  $n_3^{(M_v - f_1^*)} = 0$  después de la desasignación.

- 25 La solución propuesta es una alternativa a reasignar los  $M_v$  componentes con respecto a la primera base,  $n_3^{(0)}$ , de modo que  $n_3^{(f)} = \left( n_3^{(f)} - n_3^{(0)} \right)$ , después del desplazamiento. Esta alternativa no requiere una operación módulo-N. Para la solución propuesta, el resultado de la desasignación en el gNB es el mismo que si la reasignación en el UE se realizara con respecto a la primera base,  $n_3^{(0)}$ .

En Rel-16, donde  $W_f$  es específico de la capa, el componente de referencia es el del coeficiente más fuerte para una capa  $l$ , de modo que los índices del componente de  $W_f$  se reasignan con respecto a  $n_{3,l}^{(f_1^*)}$  como  $n_{3,l}^{(f)} = (n_{3,l}^{(f)} - n_{3,l}^{(f_1^*)}) \bmod N_3$ . Esta elección de desplazamiento para  $W_f$  en Rel-16 permite reducir la sobrecarga en el informe de  $W_f$  así como en el informe del SCI porque solo la primera coordenada del par  $[i_l^*, f_l^*]$  que identifica la posición del coeficiente más fuerte para la capa  $l$  necesita ser informada. Para que este último ahorro de sobrecarga sea posible en Rel-16, se debe aplicar un segundo desplazamiento a los índices de columna de  $W_2$ , que se reasignan con respecto a  $f_l^*$  como  $f = (f - f_l^*) \bmod M_v$ , de modo que las columnas de  $W_2$  correspondan a las de  $W_f$  después del desplazamiento.

En Rel-17, sin embargo, es necesario informar ambas coordenadas del SCI incluso en el caso de que se informe  $W_f$  (para  $N > M_v$ ) y el coeficiente más fuerte se desplace a  $f_l^* = 0$ . Por lo tanto, en caso de informar  $W_f$ , se puede especificar un desplazamiento diferente de Rel-16 para los componentes de  $W_f$  y es posible que no se aplique el desplazamiento a las columnas de  $W_2$ .

Hay dos componentes posibles que se pueden tomar como referencia para  $W_f$ : el componente del coeficiente más fuerte como en Rel-16, o el 'primer' componente seleccionado, es decir, el componente con el valor de índice más bajo en la ventana:  $\{0, 1, \dots, N-1\}$ . Dependiendo de la elección de  $W_f$  común a las capas o específico de las capas, las siguientes opciones de mapeo están disponibles para  $W_f$

1.  $W_f = [n_3^{(0)}, \dots, n_3^{(M_v-1)}]$  común a las capas

a. La referencia es el componente del coeficiente más fuerte para la capa 1,  $n_3^{(f_1^*)}$ .

Los componentes de FD se reasignan con respecto a  $n_3^{(f_1^*)}$  como  $n_3^{(f)} = (n_3^{(f)} - n_3^{(f_1^*)}) \bmod N$ , de modo que  $n_3^{(f_1^*)} = 0$  después de la reasignación.

b. La referencia es el 'primer' componente,  $n_3^{(0)}$ . Los componentes de FD se reasignan con respecto a  $n_3^{(0)}$  como  $n_3^{(f)} = (n_3^{(f)} - n_3^{(0)})$ , de modo que  $n_3^{(0)} = 0$  después de la reasignación.

2.  $W_f = [n_{3,l}^{(0)}, \dots, n_{3,l}^{(M_v-1)}]$  específico de la capa, para  $l = 1, \dots, v$

a. La referencia es el componente del coeficiente más fuerte para la capa  $l$ ,  $n_{3,l}^{(f_l^*)}$ .

Los componentes de FD se reasignan con respecto a  $n_{3,l}^{(f_l^*)}$  como  $n_{3,l}^{(f)} = (n_{3,l}^{(f)} - n_{3,l}^{(f_l^*)}) \bmod N$ , de modo que  $n_{3,l}^{(f_l^*)} = 0$  después de la reasignación.

b. La referencia es el 'primer' componente,  $n_{3,l}^{(0)}$ . Los componentes de FD se reasignan con respecto a  $n_{3,l}^{(0)}$  como  $n_{3,l}^{(f)} = (n_{3,l}^{(f)} - n_{3,l}^{(0)})$ , de modo que  $n_{3,l}^{(0)} = 0$  después de la reasignación.

Si no se especifica ningún desplazamiento para  $W_f$ , un UE puede entender que  $W_f = [0, n_3^{(1)}, \dots, n_3^{(M_v-1)}]$ , en el caso común a las capas, por ejemplo, es decir, puede asumir que el primer componente,  $n_3^{(0)} = 0$  es fijo y solo seleccionar e informar  $M_v - 1$  componentes distintos de cero en la ventana de tamaño  $N$ .

En cuanto al desplazamiento aplicado a las columnas de  $W_2$ , en la práctica existen dos opciones posibles: no realizar ningún desplazamiento o desplazar el índice  $f$  con respecto a  $f_l^*$  como  $f = (f - f_l^*) \bmod M_v$ , de modo que el índice del coeficiente más fuerte sea  $f_l^* = 0$  después de la reasignación.

Para todas las alternativas anteriores de mapeo de índices de  $W_f$  y  $W_2$ , informar el par  $[i_l^*, f_l^*]$  como SCI para la capa  $l$  es suficiente para localizar el coeficiente más fuerte de  $W_2$  y garantizar la reconstrucción correcta de  $W_f$ . Informar los valores  $[i_l^*, n_3^{(f_l^*)}]$ , como alternativa, también funciona, pero requiere más bits de retroalimentación si  $N > M_v$  porque  $n_3^{(f_l^*)} \in \{0, 1, \dots, N - 1\}$ , mientras que  $f_l^* \in \{0, 1, \dots, M_v - 1\}$ .

Consideremos un ejemplo para los casos 1.a y 1.b anteriores, con  $N = 4 > M_v = 2$  y con  $W_f = [n_3^{(0)}, n_3^{(1)}] = [1, 2]$  común a las capas. Supongamos que, para la capa 1,  $W_2 = \begin{bmatrix} a & c \\ b & d \end{bmatrix}$  y el coeficiente más fuerte es  $c$  en la posición  $[i_1^*, f_1^*] = [0, 1]$ ; para la capa 2,  $W_2 = \begin{bmatrix} e & g \\ f & h \end{bmatrix}$  y el coeficiente más fuerte es  $f$  en la posición  $[i_2^*, f_2^*] = [1, 0]$ . Este ejemplo se ilustra en la figura 18. Un subíndice de estrella denota el componente más fuerte. En el lado izquierdo, las operaciones de UE y gNB se muestran en el caso 1.a, donde el coeficiente más fuerte para cada capa se desplaza al componente 0 de FD y el desplazamiento aplicado a  $W_f$  sigue al de la capa 1. El caso 1.b se muestra en el lado derecho, donde el coeficiente

más fuerte no se desplaza y el desplazamiento aplicado a  $W_f$  es con respecto al componente seleccionado del índice más bajo.

En el caso 1.a, los componentes de  $W_f$  se reasignan con respecto a  $n_3^{(f_1^*)} = 2$  como  $n_3^{(f)} = (n_3^{(f)} - 2) \bmod 4$ ,  $f = 0,1$ , de modo que  $W_f = [0,3]$  sea el conjunto de bases de FD informado. El índice  $f$  se reasigna con respecto a  $f_1^* = 1$  como  $f = (f - 1) \bmod 2$ , para la capa 1, y con respecto a  $f_2^* = 0$ , es decir, no se aplica ningún desplazamiento, para la capa 2. Las matrices de coeficientes de combinación informadas son  $W_2 = \begin{bmatrix} c & a \\ d & b \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} e & g \\ f & h \end{bmatrix}$ .

En el gNB, usar  $W_f = [0,3]$  en la reconstrucción del precodificador no sería correcto porque los componentes seleccionados a la izquierda de  $n_3^{(f_1^*)}$ , es decir,  $n_3^{(0)}, \dots, n_3^{(f_1^* - 1)}$  han sido reasignados dentro de la ventana mediante el módulo  $N$ , como  $n_3^{(M_v - f_1^*)}, \dots, n_3^{(M_v - 1)}$ . Por lo tanto, el gNB necesita reasignar los  $M_v$  componentes de  $W_f$  con respecto a  $n_3^{(M_v - f_1^*)}$ , si  $f_1^* > 0$ , como  $n_3^{(f)} = (n_3^{(f)} - n_3^{(M_v - f_1^*)}) \bmod N$ , de modo que  $n_3^{(M_v - f_1^*)} = 0$  después de desasignar. Si  $f_1^* = 0$ , no es necesaria ninguna reasignación porque la operación de módulo no reasignó ningún componente de  $W_f$ . Una forma equivalente de describir la desasignación en el gNB es al reasignar los componentes de  $W_f$  con respecto a  $n_3^{((M_v - f_1^*) \bmod M_v)}$ , como  $n_3^{(f)} = (n_3^{(f)} - n_3^{((M_v - f_1^*) \bmod M_v)}) \bmod N$ , de modo que  $n_3^{((M_v - f_1^*) \bmod M_v)} = 0$ , después de la desasignación. En nuestro ejemplo,  $W_f$  se reasigna con respecto a  $n_3^{(M_v - f_1^*)} = n_3^{(1)} = 3$  como  $n_3^{(f)} = (n_3^{(f)} - 3) \bmod 4$ ,  $f = 0,1$ . El gNB también desasigna  $f$  como  $f = (f - (M_v - f_1^*)) \bmod M_v = (f + f_1^*) \bmod M_v$ , para  $l = 1,2$  de modo que  $W_f = [0,1]$  y  $W_2 = \begin{bmatrix} a & c \\ b & d \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} e & g \\ f & h \end{bmatrix}$  se utilicen en la reconstrucción del precodificador. Se observa que el UE reasigna  $[n_3^{(0)}, n_3^{(1)}] = [1,2]$  a  $[n_3^{(0)}, n_3^{(1)}] = [3,0]$ , pero al informar estos componentes, los índices  $f$  se asignan de manera que  $n_3^{(f)}$  aumenta con  $f$ , por lo que el gNB recibe  $[n_3^{(0)}, n_3^{(1)}] = [0,3]$ . Esto se muestra en la figura 18.

En el caso 1.b, los componentes de  $W_f$  se reasignan con respecto a  $n_3^{(0)} = 1$  como  $n_3^{(f)} = (n_3^{(f)} - 1)$ ,  $f = 0,1$ , de modo que  $W_f = [0,1]$  sea el conjunto de bases de FD informado. No se aplica ningún mapeo al índice  $f$ , por lo tanto, las matrices de coeficientes de combinación  $W_2$  se informan sin desplazar el coeficiente más fuerte al componente 0 de FD, como  $W_2 =$

$\begin{bmatrix} a & c \\ b & d \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} e & g \\ f & h \end{bmatrix}$ . En el gNB, no se requiere desasignación y las cantidades informadas para  $W_f$  y  $W_2$  se utilizan en la reconstrucción del precodificador.

Este ejemplo ilustra que, independientemente de la solución que se adopte para la representación de  $W_f$  y  $W_2$ , el SCI se puede informar como el par de índices  $[i_l^*, f_l^*]$  para

5  $l = 1, \dots, \nu$ .

La Tabla 1 y la Tabla 2 resumen las opciones de mapeo analizadas anteriormente para los componentes de  $W_f$  y el índice de columna de  $W_2$  en el caso de  $W_f$  común a las capas y específico de las capas. Tenga en cuenta que el mapeo y la desasignación de  $W_f$  solo se aplica a  $N > M_v$ , mientras que para  $N = M_v$ ,  $W_f$  es común a las capas y se fija mediante configuración.

10

|                                               |                                                     | UE                                                                                  |                       |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
|                                               |                                                     | $N > M_v$ ( $W_f$ informado)                                                        | $N \geq M_v$          |
| elección de desplazamiento para $W_f$ y $W_2$ |                                                     | mapa de $n_3^{(f)} / n_{3,l}^{(f)}$ ( $W_f$ )                                       | mapa de $f$ ( $W_2$ ) |
|                                               |                                                     |                                                                                     | capa de SCI 1         |
| $W_f$ común a las capas                       | El coeficiente más fuerte se desplaza a $f_l^* = 0$ | $n_3^{(f)} = (n_3^{(f)} - n_3^{(f_l^*)}) \bmod f = (f - f_l^*) \bmod M$             | $[i_l^*, f_l^*]$      |
|                                               | El coeficiente más fuerte no se desplaza            | $n_3^{(f)} = (n_3^{(f)} - n_3^{(0)})$                                               | -                     |
| $W_f$ específico de la capa                   | El coeficiente más fuerte se desplaza a $f_l^* = 0$ | $n_{3,l}^{(f)} = (n_{3,l}^{(f)} - n_{3,l}^{(f_l^*)}) \bmod f = (f - f_l^*) \bmod M$ | $[i_l^*, f_l^*]$      |
|                                               | El coeficiente más fuerte no se desplaza            | $n_{3,l}^{(f)} = (n_{3,l}^{(f)} - n_{3,l}^{(0)})$                                   | -                     |

**Tabla 1.** Resumen de las opciones de mapeo de UE para los componentes de  $W_f$  y el índice de columna de  $W_2$ . En todos los casos, el SCI se puede informar como  $[i_l^*, f_l^*]$  para la capa  $l$ .

|                             |                                                     | gNB                                                                                                                                     |                                |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
|                             |                                                     | $N > M_v$ ( $W_f$ informado)                                                                                                            | $N \geq M_v$                   |
|                             | elección de desplazamiento para $W_f$ y $W_2$       | Desasignación de $n_3^{(f)}/n_{3,l}^{(f)}$ ( $W_f$ )                                                                                    | Desasignación de $f$ ( $W_2$ ) |
| $W_f$ común a las capas     | El coeficiente más fuerte se desplaza a $f_l^* = 0$ | $n_3^{(f)} = \begin{cases} (n_3^{(f)} - n_3^{(M_v - f_l^*)}) \bmod N, & f_l^* > 0 \\ n_3^{(f)} & f_l^* = 0 \end{cases}$                 | $f = (f + f_l^*) \bmod N$      |
|                             | El coeficiente más fuerte no se desplaza            | -                                                                                                                                       | -                              |
| $W_f$ específico de la capa | El coeficiente más fuerte se desplaza a $f_l^* = 0$ | $n_{3,l}^{(f)} = \begin{cases} (n_{3,l}^{(f)} - n_{3,l}^{(M_v - f_l^*)}) \bmod N, & f_l^* > 0 \\ n_{3,l}^{(f)} & f_l^* = 0 \end{cases}$ | $f = (f + f_l^*) \bmod N$      |
|                             | El coeficiente más fuerte no se desplaza            | -                                                                                                                                       | -                              |

5

**Tabla 2.** Resumen de las opciones de desasignación de gNB para los componentes de  $W_f$  y el índice de columna de  $W_2$ . En todos los casos, el SCI se puede informar como  $[i_l^*, f_l^*]$  para la capa  $l$ .

La figura 19 muestra un método para el dispositivo de informes, como para un equipo de usuario, que sigue los principios descritos anteriormente, por ejemplo, en la figura 18. El método puede ser para proporcionar un informe de información del estado del canal configurado con un libro de códigos de selección de puerto. El método puede comprender, en el paso 1900, recibir información de configuración para configurar una ventana de

10

medición de una matriz de compresión del libro de códigos de selección de puerto, en donde la información de configuración define el tamaño de la ventana de medición. En una modalidad, el tamaño de la ventana de medición  $N$  es mayor que el número  $M_v$  de índices del libro de códigos que el dispositivo tiene permitido seleccionar para definir la matriz de compresión  $W_f$ .

En el paso 1902, el UE selecciona un número de índices del libro de códigos de la ventana de medición en función de la información de configuración para formar la matriz de compresión  $W_f$  del libro de códigos de selección de puerto, donde los índices del libro de códigos están asociados a componentes vectoriales de la matriz de compresión.

En el paso 1904, el UE indica el índice de filas y columnas de la posición del coeficiente más fuerte en una matriz  $W_2$  de coeficientes de combinación distintos de cero para las capas. Este paso puede comprender reasignar las columnas de la matriz  $W_2$  de coeficientes de combinación distintos de cero para las capas de manera que el coeficiente más fuerte se reasigne a la primera columna.

En el paso 1906, el UE reasigna los índices del libro de códigos, de modo que el índice del libro de códigos correspondiente al índice de columna del coeficiente predefinido de la primera capa se reasigna al primer índice de la ventana de medición. La reasignación también puede denominarse desplazamiento cíclico. En una modalidad, el coeficiente predefinido es el coeficiente más fuerte. En una modalidad, el coeficiente predefinido es el primer coeficiente. En una modalidad, este paso puede comprender informar todos los índices del libro de códigos de la matriz de compresión del libro de códigos de selección de puerto, excepto el primero, después de restar el índice del libro de códigos correspondiente al índice de columna del coeficiente más fuerte de la primera capa de todos los índices del libro de códigos de la matriz de compresión y al aplicar una operación de módulo del tamaño de la ventana de medición  $N$ . En una modalidad, los índices del libro de códigos de la ventana de medición y la matriz de compresión son vectores de DFT.

La figura 20 muestra un método para que el dispositivo reciba el informe, como por ejemplo un gNB, al seguir los principios descritos anteriormente, por ejemplo, en la figura 18. En el paso 2000, el gNB envía información de configuración para configurar una ventana de medición de una matriz de compresión  $W_f$  de un libro de códigos de selección de puerto, en donde la información de configuración define el número  $N$  de componentes de la ventana de medición. En una modalidad, el tamaño de la ventana de medición  $N$  es mayor que el número

$M_v$  de índices del libro de códigos que el UE tiene permitido seleccionar para definir la matriz de compresión  $W_f$ .

En el paso 2002, el gNB recibe un informe de información del estado del canal que incluye un indicador de matriz de precodificación (PM), en donde se indican índices de filas y columnas para las posiciones de los coeficientes más fuertes en capas de una matriz  $W_2$  de coeficientes de combinación distintos de cero, y el PMI comprende índices de libro de códigos de una matriz de compresión  $W_f$ . En una modalidad, estos índices se han reasignado en el lado del transmisor como se describió anteriormente, por ejemplo, con respecto al coeficiente más fuerte que se desplaza al primer índice.

En el paso 2004, el gNB desasigna los índices del libro de códigos de la matriz de compresión  $W_f$  con respecto a uno de los índices del libro de códigos cuya posición es en función del índice de columna del coeficiente predefinido de la primera capa y del número de componentes de la matriz de compresión. En una modalidad, el coeficiente predefinido es el coeficiente más fuerte. Esto ocurre cuando se detecta que el índice de columna del coeficiente más fuerte de la primera capa es distinto de cero.

Este paso 2004 puede comprender que la desasignación de los índices del libro de códigos de la matriz de compresión comprende restar uno de los índices del libro de códigos de todos los índices del libro de códigos de la matriz de compresión  $W_f$  y aplicar una operación de módulo del tamaño  $N$  de la ventana de medición. En una modalidad, la función que identifica la posición de un índice de libro de códigos se obtiene al restar el índice de columna distinto de cero del coeficiente más fuerte de la primera capa del número  $M_v$  de componentes de la matriz de compresión  $W_f$ .

En una modalidad, la matriz  $W_2$  de coeficientes de combinación distintos de cero y la matriz de compresión  $W_f$  del libro de códigos se alinean en función de los índices de columna indicados de los coeficientes más fuertes.

En el paso 2006, el gNB construye precodificadores en función del informe de información del estado del canal recibido.

Aunque en algunas circunstancias de la descripción se ha asumido que  $W_f$  es común a las capas, las soluciones también son aplicables a  $W_f$  específico de las capas. En una modalidad, la matriz de compresión  $W_f$  del libro de códigos de selección de puerto para cada capa se reasigna con respecto al índice del libro de códigos correspondiente al índice de columna del coeficiente más fuerte de la capa respectiva.

Cabe señalar que, si bien lo anterior describe modalidades ilustrativas, hay varias variaciones y modificaciones que pueden hacerse a la solución descrita sin apartarse del alcance de la presente invención. Se pueden combinar diferentes características de diferentes modalidades.

5 Por lo tanto, las modalidades pueden variar dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. En general, algunas modalidades pueden implementarse en hardware o circuitos de propósito especial, software, lógica o cualquier combinación de estos. Por ejemplo, algunos aspectos pueden implementarse en hardware, mientras que otros aspectos pueden implementarse en firmware o software que puede ser ejecutado por un controlador,  
10 microprocesador u otro dispositivo informático, aunque las modalidades no están limitadas a esto. Si bien varias modalidades pueden ilustrarse y describirse como diagramas de bloques, diagramas de flujo o utilizando alguna otra representación pictórica, se entiende que estos bloques, aparatos, sistemas, técnicas o métodos descritos en el presente documento pueden implementarse en, como ejemplos no taxativos, hardware, software,  
15 firmware, circuitos o lógica de propósito especial, hardware de propósito general o controlador u otros dispositivos informáticos, o alguna combinación de estos.

Las modalidades pueden implementarse mediante software informático almacenado en una memoria y ejecutable por al menos un procesador de datos de las entidades implicadas o por hardware, o por una combinación de software y hardware. Además, a este  
20 respecto, cabe señalar que cualquier procedimiento anterior puede representar pasos de programa, o circuitos lógicos, bloques y funciones interconectados, o una combinación de pasos de programa y circuitos lógicos, bloques y funciones. El software puede almacenarse en medios físicos tales como chips de memoria o bloques de memoria implementados dentro del procesador, medios magnéticos tales como discos duros o disquetes, y medios ópticos  
25 tales como, por ejemplo, DVD y sus variantes de datos, CD.

La memoria puede ser de cualquier tipo adecuado para el entorno técnico local y puede implementarse utilizando cualquier tecnología de almacenamiento de datos adecuada, como dispositivos de memoria basados en semi conductores, dispositivos y sistemas de memoria magnética, dispositivos y sistemas de memoria óptica, memoria fija y  
30 memoria extraíble. Los procesadores de datos pueden ser de cualquier tipo adecuado al entorno técnico local, y pueden incluir uno o varios ordenadores de propósito general, ordenadores de propósito especial, microprocesadores, procesadores de señal digital (DSP), circuitos integrados de aplicación específica (ASIC), circuitos de nivel de puerta y

procesadores basados en arquitectura de procesador de múltiples núcleos, como ejemplos no taxativos.

Alternativa o adicionalmente, algunas modalidades pueden implementarse utilizando circuitería. La circuitería puede configurarse para realizar una o más de las funciones y/o procedimientos del método descrito anteriormente. Esa circuitería se puede proporcionar en la entidad de red y/o en el dispositivo de comunicaciones y/o un servidor y/o un dispositivo.

Como se usa en esta solicitud, el término «circuitería» puede referirse a uno o más de los siguientes:

(a) implementaciones de circuitos solo de hardware (como implementaciones en circuitos solo analógicos y/o digitales);

(b) combinaciones de circuitos de hardware y software, tales como:

(i) una combinación de circuitos de hardware analógico y/o digital con software/firmware y

(ii) cualquier parte del o de los procesadores de hardware con software (incluidos los procesadores de señales digitales), el software y las memorias que funcionan juntos para generar que el dispositivo de comunicaciones y/o dispositivo y/o servidor y/o entidad de red realice las diversas funciones descritas anteriormente; y

(c) circuito(s) de hardware y/o procesador(es), como un microprocesador(es) o una parte de uno o más microprocesadores, que requieren software (p. ej., firmware) para su funcionamiento, pero el software puede no estar presente cuando no sea necesario para el funcionamiento.

Esta definición de circuitería se aplica a todos los usos de este término en esta solicitud, lo que incluye cualquier reivindicación. Como un ejemplo adicional, como se utiliza en esta solicitud, el término circuitería también cubre una implementación de meramente un circuito de hardware o procesador (o múltiples procesadores) o porción de un circuito de hardware o procesador y su o sus softwares y/o firmwares que lo acompañan. El término circuitería también cubre, por ejemplo, dispositivo integrado.

Cabe señalar que aunque se han descrito modalidades en relación con ciertas arquitecturas, se pueden aplicar principios similares a otros sistemas. Por lo tanto, aunque ciertas modalidades se describieron anteriormente a modo de ejemplo con referencia a ciertas arquitecturas de ejemplo para redes inalámbricas, tecnologías y estándares, y protocolos, las características descritas en la presente se pueden aplicar a cualquier otra forma adecuada de sistemas, arquitecturas y dispositivos que los ilustrados y descritos en

detalle en los ejemplos anteriores. También se observa que son posibles diferentes combinaciones de diferentes modalidades. También se indica en la presente que, si bien lo anterior describe modalidades de ejemplo, existen diversas variaciones y modificaciones que pueden realizarse a la solución descrita sin apartarse del espíritu y alcance de la presente

5 invención.