

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 576 728**

51 Int. Cl.:

**H04L 25/03** (2006.01)

**H04B 7/06** (2006.01)

**H04L 27/26** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.08.2009 E 09010343 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.04.2016 EP 2159950**

54 Título: **Método y aparato para transmitir señales de enlace ascendente utilizando múltiples antenas**

30 Prioridad:

**11.08.2008 US 87990 P**  
**24.12.2008 KR 20080132994**  
**17.03.2009 US 160711 P**  
**16.04.2009 US 169726 P**  
**17.04.2009 US 170106 P**  
**28.04.2009 US 173585 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**11.07.2016**

73 Titular/es:

**LG ELECTRONICS INC. (100.0%)**  
**20, Yeouido-dong, Yeongdeungpo-gu**  
**Seoul 150-721, KR**

72 Inventor/es:

**NOH, YU JIN;**  
**KIM, KI JUN;**  
**ROH, DONG WOOK;**  
**KANG, BYEONG WOO;**  
**LEE, DAE WON;**  
**KIM, BONG HOE y**  
**SEO, DONG YOUN**

74 Agente/Representante:

**CURELL AGUILÁ, Mireia**

**ES 2 576 728 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

Método y aparato para transmitir señales de enlace ascendente utilizando múltiples antenas

5 **Antecedentes de la invención**Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a un sistema de comunicaciones inalámbricas para móviles, y más particularmente un sistema de comunicaciones basado en un esquema de múltiples entradas múltiples salidas (MIMO).

Exposición de la técnica relacionada

15 Tecnología MIMO es una abreviatura que se corresponde con tecnología de múltiples entradas múltiples salidas. La tecnología MIMO utiliza una pluralidad de antenas de transmisión (Tx) y una pluralidad de antenas de recepción (Rx) para mejorar la eficacia de transmisión y recepción (Tx/Rx) de datos. En otras palabras, la tecnología MIMO permite que un extremo de transmisión o un extremo de recepción de un sistema de comunicaciones inalámbricas utilice múltiples antenas (a lo que en adelante en la presente memoria se hará referencia como multiantena), de manera que se puede mejorar la capacidad o rendimiento. Por comodidad en la descripción, también puede considerarse que el término "MIMO" es una tecnología multi-antena.

20 Con mayor detalle, la tecnología MIMO no depende de un único trayecto de antena para recibir un mensaje total individual. Por el contrario, la tecnología MIMO recoge una pluralidad de fragmentos de datos recibidos por medio de varias antenas, fusiona los fragmentos de datos recogidos, y completa los datos totales. Como consecuencia, la tecnología MIMO puede aumentar la velocidad de transferencia de datos dentro de una región celular de un tamaño predeterminado, o puede incrementar la cobertura del sistema al mismo tiempo que garantizando una velocidad específica de transferencia de datos. En esta situación, la tecnología MIMO se puede aplicar ampliamente a terminales de comunicaciones para móviles, repetidores, o similares. La tecnología MIMO puede ampliar el alcance de las comunicaciones de datos, de manera que puede superar la cantidad limitada de datos de transmisión (Tx) de los sistemas de comunicaciones para móviles.

La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra un sistema de comunicaciones MIMO general.

35 Haciendo referencia a la figura 1, el número de antenas de transmisión (Tx) en un transmisor es  $N_T$  y el número de antenas de recepción (Rx) en un receptor es  $N_R$ . De esta manera, la capacidad teórica de transmisión por canales del sistema de comunicaciones MIMO cuando tanto el transmisor como el receptor utilizan una pluralidad de antenas es mayor que la correspondiente a otro caso en el cual solamente el transmisor o el receptor utiliza varias antenas. La capacidad teórica de transmisión por canales del sistema de comunicaciones MIMO aumenta de forma proporcional al número de antenas. Por lo tanto, se incrementan considerablemente la velocidad de transferencia de datos y la eficiencia de las frecuencias. Siempre que la velocidad máxima de transferencia de datos alcanzada cuando se utiliza una única antena se fije a  $R_0$ , la velocidad de transferencia de datos alcanzada cuando se utilizan múltiples antenas puede aumentar teóricamente en una magnitud predeterminada que se corresponde con la velocidad máxima de transferencia de datos ( $R_0$ ) multiplicada por un índice de aumento  $R_i$ . El índice de aumento ( $R_i$ ) se puede representar con la siguiente ecuación 1.

45 [Ecuación 1]

$$R_i = \min(N_T, N_R)$$

50 Por ejemplo, siempre que un sistema MIMO utilice cuatro antenas de transmisión (Tx) y cuatro antenas de recepción (Rx), el sistema MIMO puede alcanzar teóricamente una alta velocidad de transferencia de datos la cual es cuatro veces mayor que la correspondiente de un sistema de una sola antena. Después de que, a mediados de los 90, se demostrase el aumento teórico de capacidad antes mencionado del sistema MIMO, muchos desarrolladores comenzaron a llevar a cabo investigaciones intensivas en una variedad de tecnologías que pueden incrementar sustancialmente la velocidad de transferencia de datos utilizando el aumento de capacidad teórico. Algunas de las tecnologías mencionadas se han reflejado en una variedad de normas de comunicaciones inalámbricas, por ejemplo, comunicaciones para móviles de tercera generación o LAN inalámbrica de la siguiente generación, etcétera.

60 La tecnología MIMO mencionada anteriormente se puede clasificar en un esquema de diversidad espacial (denominado también esquema de Diversidad de Transmisión) y un esquema de multiplexado espacial. El esquema de diversidad espacial hace que aumente la fiabilidad de la transmisión utilizando símbolos que pasan por varios trayectos de canal. El esquema de multiplexado espacial transmite simultáneamente una pluralidad de símbolos de datos por medio de una pluralidad de antenas de transmisión (Tx), de manera que incrementa la velocidad de transferencia de datos. Además, recientemente también se ha desarrollado la combinación del esquema de

diversidad espacial y del esquema de multiplexado espacial para alcanzar de manera adecuada ventajas exclusivas de los dos esquemas.

En asociación con la tecnología MIMO, muchas empresas o desarrolladores han investigado de manera intensiva en una variedad de tecnologías asociadas a la MIMO, por ejemplo, investigaciones en una teoría de la información asociada a un cálculo de la capacidad de comunicaciones MIMO bajo varios entornos de canales o múltiples entornos de acceso, investigaciones en la medición y el modelado de canales de radiofrecuencia (RF) del sistema MIMO, e investigaciones en una tecnología de procesamiento de señales de espacio-tiempo para aumentar la fiabilidad de la transmisión y la velocidad de transferencia de datos.

En un sistema de evolución a largo plazo del proyecto de asociación de 3ª generación (LTE del 3GPP), el esquema MIMO antes mencionado se aplica a solamente la transmisión de señales de enlace descendente del sistema LTE del 3GPP. La tecnología MIMO también se puede aplicar a la transmisión de señales de enlace ascendente. En este caso, la estructura del transmisor se cambia para implementar la tecnología MIMO, de manera que pueden deteriorarse las características de la relación potencia de pico/potencia media (PAPR) o de la métrica cúbica (CM). Por lo tanto, existe la necesidad de una nueva tecnología con capacidad de aplicar eficazmente el esquema MIMO a la transmisión de señales de enlace ascendente.

El documento R1-082496 (Texas Instruments: Proyecto del 3GPP "Uplink SU-MIMO for E-UTRA"; R1-082496 TI UL SU-MIMO, Proyecto de Asociación de 3ª Generación (3GPP), *Mobile Competence Center*, vol. RAN WG1, 24 de junio de 2008, páginas 1 a 6, Sophia-Antipolis Cedex, Francia) se refiere a la tecnología MIMO de enlace ascendente y de un solo usuario (UL SU-MIMO). Se afrontan varios aspectos de la UL SU-MIMO en el contexto de una modernización inicial desde la LTE a la LTE avanzada. Como tal, es importante minimizar el impacto de normalización potencial con respecto al E-UTRA versión 8. Resulta también beneficioso reutilizar los componentes de la DL SU-MIMO, siempre que proceda, y se prefiere la precodificación basada en libros de código con respecto a la precodificación no basada en libros de código.

El documento R1-071044 (Ericsson: Proyecto del 3GPP "Precoding Considerations in LTE MIMO Downlink"; R1-071044, Proyecto de Asociación de 3ª Generación (3GPP), *Mobile Competence Center*, vol. RAN WG1, 6 de febrero de 2007, Sophia-Antipolis Cedex, Francia) se refiere a consideraciones de precodificación en el enlace descendente del MIMO de LTE. Las técnicas multi-antena pueden potenciar significativamente al rendimiento con respecto a métodos tradicionales de una sola antena. En el 3GPP, se ha concluido que dichas técnicas son necesarias en el enlace descendente del LTE para alcanzar los requisitos de rendimiento. La precodificación dependiente de los canales es una técnica multi-antena que mejora el rendimiento multiplicando la señal vectorial portadora de información por una matriz que ajusta las fases y amplitudes de la señal, de manera que la señal encaja mejor en la materialización presente de los canales. De acuerdo con este documento, cada rango de transmisión y modo MIMO (SU-MIMO o MU-MIMO) debería tener un libro de códigos optimizado por separado. Lo que constituye un libro de códigos de precodificación adecuado lo determinan varios factores incluyendo las capacidades del UE y del Nodo B (por ejemplo, configuración de antenas y máximo rango de transmisión soportado). Esto crea una necesidad de libros de código específicos de la capacidad del UE y del Nodo B.

### Sumario de la invención

Por lo tanto, la presente invención se refiere a un método y un aparato para transmitir señales de enlace ascendente por medio de múltiples antenas, que superan sustancialmente uno o más problemas debidos a las limitaciones y desventajas de la técnica relacionada.

Un objetivo de la presente invención es proporcionar una tecnología para llevar a cabo de manera eficaz una transmisión de señales de enlace ascendente de acuerdo con un esquema MIMO.

Se expondrán ventajas, objetivos, y características adicionales de la invención parcialmente en la descripción proporcionada a continuación, y en parte los mismos resultarán evidentes para el experto en la materia a partir de la siguiente descripción o se pueden asimilar poniendo en práctica de la invención. Los objetivos y otras ventajas de la invención se pueden materializar y lograr por medio de la estructura señalada particularmente en la descripción redactada y sus reivindicaciones, así como los dibujos adjuntos.

Para alcanzar estos objetivos y otras ventajas y de acuerdo con la finalidad de la invención, según se materializa y se describe ampliamente en la presente memoria, un método para posibilitar que un equipo de usuario (UE) transmita señales de enlace ascendente por medio de múltiples antenas incluye mapear ("mapping") las señales de enlace ascendente con un número predeterminado de capas, llevar a cabo un ensanchamiento por transformada discreta de Fourier (DFT) sobre cada una del número predeterminado de señales de capa, precodificar las señales de capa ensanchadas por DFT seleccionando una matriz de precodificación específica establecida, de tal manera que se transmite una señal de capa a cada una de las múltiples antenas de entre un libro de códigos prealmacenado, y llevar a cabo un proceso predeterminado para construir un símbolo de acceso múltiple por división de frecuencia con portadora única (SC-FDMA) sobre las señales precodificadas, y transmitir las señales procesadas a una estación base (BS) por medio de las múltiples antenas.

5 La matriz de precodificación específica puede ser una matriz de precodificación establecida de tal manera que las múltiples antenas tengan una potencia de transmisión uniforme entre ellas. La matriz de precodificación específica puede ser una matriz de precodificación establecida de tal manera que el número predeterminado de capas tenga una potencia de transmisión uniforme entre ellas.

10 La forma de realización de la invención se refiere a un método según se reivindica en la reivindicación 1 y a un aparato correspondiente según se reivindica en la reivindicación 14. Otras referencias a "formas de realización" deben apreciarse como ejemplos que son útiles para entender la invención.

15 El libro de códigos puede incluir una matriz de codificación de un primer tipo, en donde la matriz de codificación del

primer tipo se puede configurar en forma de  $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ X & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & Y \end{bmatrix}$ , como una matriz de precodificación de rango 2 utilizada cuando el número de las múltiples antenas es 4 y el rango se fija a 2, y puede cumplir la condición de  $X, Y \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$ .

15 de precodificación generada cuando se cambian posiciones de filas individuales de la matriz de precodificación del primer tipo.

La matriz de precodificación de rango 2 puede incluir además una matriz de precodificación de segundo tipo

20 configurada en forma de  $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ X & 0 \\ 0 & Y \end{bmatrix}$ , y una matriz de precodificación de un tercer tipo configurada en forma de  $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & Y \\ X & 0 \end{bmatrix}$ , donde filas individuales de la matriz de precodificación pueden corresponderse respectivamente con cuatro antenas de las múltiples antenas, y columnas individuales pueden corresponderse respectivamente con capas.

25 La matriz de precodificación de rango 2 puede incluir además una matriz de precodificación generada cuando se cambian posiciones de columnas individuales de la matriz de precodificación del primer tipo.

El libro de códigos puede incluir una matriz de precodificación de primer tipo, en donde la matriz de precodificación de primer tipo, que actúa como matriz de precodificación de rango 3 utilizada cuando el número de las múltiples

antenas es 4 y el rango se fija a 3, está configurada en forma de  $\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ X & 0 & 0 \end{bmatrix}$ , y cumple la condición de  $X \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$ .

30 precodificación generada cuando se cambian posiciones de filas individuales de la matriz de precodificación del primer tipo. La matriz de precodificación de rango 3 puede incluir además una matriz de precodificación generada cuando se cambian posiciones de columnas individuales de la matriz de precodificación del primer tipo. Es decir, el libro de códigos puede incluir una matriz de precodificación configurada para mapear alternativamente una primera capa con una primera y una segunda antenas y una segunda y una tercera capas con una tercera y una cuarta antenas, respectivamente, como la matriz de precodificación utilizada para el caso en el que el número de antenas es 4 y el rango es 3.

40 Cuando el número de antenas es 4, el rango 3, y el número de palabras de código es 2, se mapea una de las palabras de código con una única capa, y se mapea la otra palabra de código con dos capas. La matriz de precodificación se puede configurar de manera que la potencia de transmisión total desde la perspectiva de la capa puede ser diferente con el fin de imponer una potencia de transmisión uniforme entre múltiples antenas. En un caso de este tipo, se mapea la columna de la matriz de precodificación que tiene la mayor potencia de transmisión efectiva, con la capa de la cual se ha mapeado solamente con una única palabra de código. Así, en el caso de la

matriz de precodificación en forma de  $\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ X & 0 & 0 \end{bmatrix}$ , se mapea la primera columna con la capa de la cual se ha mapeado solamente con una única palabra de código, y se mapea la segunda y la tercera columnas con capas de las cuales se ha mapeado con la otra palabra de código.

El libro de códigos puede incluir un número diferente de matrices de precodificación para cada rango.

5 Cada una de las señales de enlace ascendente se puede introducir en unidades de una palabra de código, y la etapa de mapeado de las señales de enlace ascendente con el número predeterminado de capas puede cambiar periódicamente una capa de la cual se ha mapeado con una palabra de código específica a otra capa. Un ejemplo de esta periodicidad puede ser 1 símbolo de SC-FDMA.

10 En otro aspecto de la presente invención, un equipo de usuario (UE) para transmitir señales de enlace ascendente por medio de múltiples antenas incluye múltiples antenas para transmitir y recibir señales, una memoria para almacenar un libro de códigos que tiene una matriz de precodificación establecida de tal manera que se transmite una señal de capa a las múltiples antenas, y un procesador conectado a las múltiples antenas y a la memoria para procesar la transmisión de las señales de enlace ascendente. El procesador incluye un mapeador de capas para mapear las señales de enlace ascendente con un número predeterminado de capas correspondientes a un rango específico, un módulo de transformada discreta de Fourier (DFT) para llevar a cabo un ensanchamiento por DFT sobre cada una del número predeterminado de señales de capa, un precodificador para precodificar cada una de las señales de capa ensanchadas por DFT, recibidas desde el módulo de DFT, seleccionando una matriz de precodificación específica establecida de tal manera que se transmite una señal de capa a cada una de las múltiples antenas de entre un libro de códigos almacenado en la memoria, y un módulo de transmisión para llevar a cabo un proceso predeterminado con el fin de construir un símbolo de acceso múltiple por división de frecuencia con portadora única (SC-FDMA) sobre las señales precodificadas, y transmitir las señales procesadas a una estación base (BS) por medio de las múltiples antenas.

25 En este caso, la memoria puede almacenar el libro de códigos. El procesador puede llevar a cabo el cambio de antena y/o el cambio de capa o bien de una manera diferente con respecto a la precodificación de un precodificador o bien a través de permutación de filas y/o permutación de columnas de una matriz de precodificación.

30 Debe apreciarse que tanto la anterior descripción general como la siguiente descripción detallada de la presente invención son ilustrativas y explicativas, y están destinadas a proporcionar una explicación con mayor detalle de la invención según se reivindica.

**Breve descripción de los dibujos**

35 Los dibujos adjuntos, que se incluyen para proporcionar una mejor comprensión de la invención y se incorporan a la presente solicitud y forman parte de la misma, ilustran forma(s) de realización de la invención y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención. En los dibujos:

la figura 1 es un diagrama conceptual que ilustra un sistema de comunicaciones MIMO general.

40 Las figuras 2 y 3 ilustran una estructura general de un transmisor basado en una tecnología MIMO.

La figura 4 es un diagrama conceptual que ilustra un método para precodificar información de cada capa y transmitir la información precodificada por medio de una antena.

45 La figura 5 es un diagrama conceptual que ilustra un esquema de SC-FDMA general.

La figura 6 es un diagrama conceptual que ilustra un método para mapear una palabra de código con varias capas.

50 La figura 7 es un diagrama conceptual que ilustra un método para llevar a cabo una DFT sobre cada capa después de llevar a cabo el mapeado de palabra de código-a-capas (es decir, mapeado de palabra de código-capas), con el fin de evitar que se incremente el valor de CM para cada antena.

55 La figura 8 es un diagrama conceptual que ilustra un método para llevar a cabo una permutación sobre la posición de una fila o columna de una matriz de precodificación.

La figura 9 es un diagrama conceptual que ilustra una distancia cordal.

60 La figura 10 es un diagrama de bloques que ilustra una estación base (BS) general y un equipo de usuario (UE) general.

Las figuras 11 y 12 ilustran un esquema de SC-FDMA para transmitir una señal de enlace ascendente en un sistema LTE del 3GPP y un esquema de OFDMA para transmitir una señal de enlace descendente en el sistema LTE del 3GPP.

65 La figura 13 es un diagrama de bloques que ilustra un procesador para posibilitar que una estación base (BS)

transmita una señal de enlace descendente utilizando un esquema MIMO en un sistema LTE del 3GPP.

La figura 14 ilustra un procesador de un UE de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

## 5 Descripción detallada de la invención

A continuación se hace referencia con mayor detalle a las formas de realización preferidas de la presente invención, cuyos ejemplos se ilustran en los dibujos adjuntos. Siempre que sea posible, se usarán los mismos números de referencia en todos los dibujos para remitir a las partes iguales o equivalentes.

La descripción detallada, la cual se ofrecerá a continuación haciendo referencia a los dibujos adjuntos, está destinada a explicar formas de realización ejemplificativas de la presente invención, mas que a mostrar las únicas formas de realización que se pueden implementar de acuerdo con la presente invención. La siguiente descripción detallada incluye detalles específicos con el fin de proporcionar una comprensión minuciosa de la presente invención. No obstante, resultará evidente para aquellos versados en la materia que la presente invención se puede llevar a la práctica sin dichos detalles específicos. Por ejemplo, la siguiente descripción se ofrecerá centrándose en términos específicos, aunque la presente invención no se limita a los mismos y pueden utilizarse cualesquiera otros términos para representar los mismos significados. Además, siempre que sea posible, se utilizarán los mismos números de referencia en la totalidad de los dibujos para remitir a partes iguales o equivalentes.

La relación potencia de pico/potencia media (PAPR) es un parámetro que indica características de una forma de onda. La PAPR es un valor específico que se obtiene cuando la amplitud de pico de la forma de onda se divide por un valor de raíz cuadrática media (RMS), promediado en el tiempo, de la forma de onda. La PAPR es un valor adimensional. En general, la PAPR de una señal portadora única es mejor que la de una señal multiportadora.

Un esquema de LTE avanzada puede implementar la tecnología MIMO utilizando el acceso múltiple por división de frecuencia con portadora única (SC-FDMA) para mantener una propiedad de CM superior. Cuando se usa la precodificación general, una señal que incluye información correspondiente a varias capas se multiplexa y transmite por medio de una única antena, de manera que la señal transmitida por medio de esta antena puede considerarse como un tipo de señal multi-portadora. La PAPR está asociada a un intervalo dinámico que debe ser soportado por el amplificador de potencia de un transmisor, y un valor de CM es otro valor con capacidad de ser utilizado como sustituto de la PAPR.

La figura 2 muestra una estructura general de un transmisor basado en una tecnología MIMO.

En la figura 2, se mapean una o más palabras de código con una pluralidad de capas. En este caso, se mapea información de mapeado con cada antena física por medio de un proceso de precodificación, y a continuación la misma se transmite por medio de cada antena física.

La figura 3 es un diagrama de bloques detallado que ilustra el transmisor basado en MIMO, que se muestra en la figura 2.

La expresión "palabra de código" indica que se adjuntan bits de comprobación de redundancia cíclica (CRC) a información de datos, y a continuación los mismos se codifican a través de un método de codificación específico. Existe una variedad de métodos de codificación, por ejemplo, un turbo código, un código de convolución con *tail biting*, y similares. Se mapea cada palabra de código con una o más capas (es decir, una o más capas virtuales), y el número total de capas con las que se ha mapeado es igual al valor de rango. En otras palabras, si el rango de transmisión es 3, el número total de capas de transmisión se fija también a 3. La información mapeada con cada capa se precodifica. En este caso, mapea, con una capa física a través de un proceso de precodificación, una información de datos mapeada con cada capa (donde el término "capa" significa una capa virtual en la medida en la que designa especialmente una capa física). Se transmite información a cada antena por medio de cada capa física. Considerando que en la figura 3 no se muestra ninguna explicación especificada, la precodificación se lleva a cabo en el dominio de la frecuencia, y se utiliza un esquema de transmisión de información OFDM para información de la cual se ha mapeado con la capa física. Se mapea la información mapeada con la capa física, con un dominio de frecuencia específico, y a continuación la misma se procesa por IFFT. Después de esto, el resultado de la IFFT se adjunta a un prefijo cíclico (CP). A continuación, se transmite información a cada antena por medio de una cadena de radiofrecuencia (RF).

El proceso de precodificación se puede llevar a cabo por multiplicación matricial. En cada una de las matrices, el número de fila es igual al número de capas físicas (es decir, el número de antenas), y el número de columnas es igual al valor de rango. El valor de rango es igual al número de capas, de manera que el número de columnas es igual al número de capas. En referencia a la siguiente ecuación 2, la información mapeada con una capa (es decir, una capa virtual) es  $x_1$  y  $x_2$ , cada elemento  $p_{ij}$  de una matriz de  $(4 \times 2)$  es un peso utilizado para la precodificación.  $y_1$ ,  $y_2$ ,  $y_3$  e  $y_4$  son información mapeada con capas físicas, y se transmiten por medio de antenas respectivas utilizando esquemas de transmisión OFDM individuales.

[Ecuación 2]

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{21} \\ P_{12} & P_{22} \\ P_{13} & P_{23} \\ P_{14} & P_{24} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

5 En la siguiente descripción, en adelante a la capa virtual se le hará referencia como capa siempre que dicho uso no conduzca a confusión. En adelante en la presente memoria, se considerará que una operación para mapear una señal de capa virtual con una capa física es una operación para mapear directamente una capa respecto a una antena.

10 El método de precodificación se puede clasificar principalmente en dos métodos, es decir, un método de precodificación de banda ancha y un método de precodificación por subbandas.

El método de precodificación de banda ancha es el siguiente. De acuerdo con el método de precodificación de banda ancha, cuando se lleva a cabo la precodificación en el dominio de la frecuencia, se aplica la misma matriz de precodificación a toda la información transmitida al dominio de la frecuencia.

15 La figura 4 es un diagrama conceptual que ilustra un método para precodificar información de cada capa y transmitir la información precodificada, por medio de una antena.

20 Haciendo referencia a la figura 4, puede percibirse que se precodifica información correspondiente a una pluralidad de capas mientras la misma se clasifica de acuerdo con subportadoras de cada dominio de la frecuencia, y la información precodificada se transmite por medio de cada antena. Todas las matrices de precodificación "P" destinadas a usarse en el método de precodificación de banda ancha son iguales entre sí.

25 El método de precodificación por subbandas se proporciona mediante la ampliación del método de precodificación de banda ancha. El método de precodificación por subbandas aplica una variedad de matrices de precodificación a cada subportadora sin aplicar la misma matriz de precodificación a todas las subportadoras. En otras palabras, de acuerdo con el método de precodificación por subbandas, se utiliza una matriz de precodificación "P" en una subportadora específica, y se utiliza otra matriz de precodificación "M" en las subportadoras restantes que no son la subportadora específica. En este caso, los valores de elementos de la matriz de precodificación "P" son diferentes con respecto a aquellos de la otra matriz de precodificación "M".

30 La transmisión de señales de enlace ascendente es relativamente sensible a las propiedades de la PAPR o CM en comparación con la transmisión de señales de enlace descendente. El incremento de costes de filtros provocado por el incremento de las propiedades de PAPR o CM puede generar problemas más importantes en un equipo de usuario (UE). Así, para la transmisión de señales de enlace ascendente se utiliza el esquema SC-FDMA.

35 La figura 5 es un diagrama conceptual que ilustra un esquema SC-FDMA general.

40 Tal como se muestra en la figura 5, se considera que el esquema OFDMA y el esquema SC-FDMA son idénticos entre sí, ya que convierten una señal en serie en señales en paralelo, mapean las señales en paralelo con subportadoras, llevan a cabo un proceso de IDFT o IFFT sobre las señales mapeadas, convierten en una señal en serie las señales procesadas por IDFT o IFFT, adjuntan un prefijo cíclico (CP) a la señal en serie resultante, y transmiten la señal resultante con CP por medio de un módulo de radiofrecuencia (RF). No obstante, por contraposición al esquema OFDM, el esquema SC-FDMA convierte señales en paralelo en una señal en serie, y lleva a cabo un ensanchamiento por DFT sobre la señal en serie, de manera que reduce la influencia de un proceso sucesivo de IDFT o IFFT y mantiene una característica de señal única de más de un nivel predeterminado.

45 Al mismo tiempo, el motivo por el que el valor de CM se deteriora cuando se aplica un esquema MIMO a la transmisión de señales de enlace ascendente es el siguiente. Si una pluralidad de señales de una sola portadora, que tienen cada una de ellas buenas propiedades de CM, se solapan simultáneamente entre sí, las señales solapadas pueden presentar propiedades de CM deficientes. Por lo tanto, si el sistema de SC-FDMA multiplexa información de salida de varias capas utilizando un número mínimo de señales de una sola portadora o una señal de una sola portadora sobre una única antena física, puede generarse una señal de transmisión que tiene una buena CM.

50 Antes de precodificar la información que se va a transmitir puede llevarse a cabo un proceso de mapeado de palabras de código-capas. Puesto que el esquema SC-FDMA se utiliza generalmente para el modo de transmisión uno (1Tx), el número de capas es 1. No obstante, si el esquema SC-FDMA soporta un esquema MIMO, el número de capas es diverso, y puede mapearse una palabra de código compuesta por un único bloque de transporte con

una pluralidad de capas.

La figura 6 es un diagrama conceptual que ilustra un método para mapear una palabra de código con varias capas.

5 Haciendo referencia a la figura 6, si el mapeado de palabras de código-capas se lleva a cabo después de que se realice un proceso de DFT para el esquema SC-FDMA, puede aumentar el valor de CM. Es decir, debido a que la señal de salida del bloque de DFT es sometida a otros procesos antes de entrar en un módulo de IFFT, es decir, debido a que la señal de salida del bloque de DFT se divide en dos capas, el valor de CM puede aumentar.

10 La figura 7 es un diagrama conceptual que ilustra un método para llevar a cabo la DFT sobre cada capa después de realizar el mapeado de palabras de código-a-capas (es decir, mapeado de palabras de códigos-capas), con el fin de evitar que aumente el valor de CM para cada antena.

15 Por lo tanto, si el número de bloques de DFT varía mientras se clasifican de acuerdo con números de capas sobre la base de un valor de rango, puede mantenerse un valor de CM bajo. Es decir, la señal de salida del bloque de DFT se introduce directamente en el bloque de IFFT sin pasar a través de otros procesos, de manera que puede mantenerse un valor de CM bajo. En el caso de una implementación concreta, una pluralidad de capas puede compartir un único bloque de DFT.

20 Si se transmite una pluralidad de señales de capa por medio de una única antena aplicando el esquema MIMO a la transmisión de señales de enlace ascendente, puede deteriorarse la PAPR o una propiedad de CM. Para superar el problema mencionado anteriormente, las siguientes formas de realización de la presente invención describirán un método para diseñar un libro de códigos sobre la base de una matriz de precodificación por la cual se transmite solamente una señal de capa por medio de una única antena.

25 Para facilitar la descripción y entender mejor la presente invención, en un sistema de transmisión, se supone que el conjunto de señales transferido a un bloque de precodificación se fija a "x", y el conjunto de señales precodificadas se fija a "y". En este caso, si la matriz de precodificación es "P", se obtiene la siguiente ecuación 3.

30 [Ecuación 3]

$$Y = P \cdot x$$

35 En la ecuación 3, la dimensión de "P" es  $N_T \times N_L$ , la dimensión de "x" es  $N_L \times 1$ , la dimensión de "y" es  $N_T \times 1$ . En este caso,  $N_T$  es el número de antenas, y  $N_L$  es el número de capas.

40 En la siguiente descripción, en el capítulo (I) se describirá en primer lugar el fundamento de diseño de un libro de códigos que puede aplicarse a la transmisión de señales de enlace ascendente utilizando un esquema MIMO por parte de un UE, y en el capítulo (II) se describirá a continuación un formato detallado de libro de códigos.

40 I. Fundamento del diseño de libro de códigos

<Libro de códigos 2Tx>

45 En adelante se describe una variedad de formas de realización de acuerdo con la estructura de una matriz de precodificación contenida en un libro de códigos utilizado en un modo 2Tx.

50 El método según formas de realización de la presente invención incluye: generar una pluralidad de flujos continuos mapeando una palabra de código con una pluralidad de capas; y precodificar los flujos continuos generados, mapear los flujos continuos precodificados con una pluralidad de antenas, y transmitir por medio de las antenas cuyo resultado se ha mapeado. En este caso, el libro de códigos se puede configurar de la manera siguiente. La matriz de precodificación utilizada en el rango 1 y la otra matriz de precodificación utilizada en el rango 2 se describirán de diferentes maneras.

55 Matriz de precodificación 2Tx – Rango 1

En el caso del 2Tx – Rango 1, la ecuación 3 puede reescribirse en forma de la siguiente ecuación 4 de acuerdo con formas de realización de la presente invención.

60 [Ecuación 4]

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = P \cdot x = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \cdot [x_1] = \begin{bmatrix} ax_1 \\ bx_1 \end{bmatrix}$$

En general, si se considera que se utiliza un esquema de precodificación de banda ancha, un valor constante específico se multiplica por una señal de cada capa de acuerdo con un esquema de precodificación de rango 1, los valores de PAPR y de CM de una señal transmitida por medio de cada antena en el modo 2Tx son iguales a los correspondientes en el modo 1Tx. Así, cuando se utiliza la precodificación de banda ancha, PAPR y CM no se ven afectados por los valores de una matriz de precodificación 2Tx – Rango 1.

La precodificación es un método para cambiar un canal con el fin de obtener un efecto constructivo entre señales transferidas por medio de cada canal. Así, se mejora el rendimiento de transmisión de cada señal. Por consiguiente, “a” que indica un primer elemento de la matriz de precodificación P ilustrada en la ecuación 4 se fija a “1”, y un segundo elemento “b” de la matriz de precodificación P se puede fijar a un valor arbitrario. Las señales transferidas por medio de antenas respectivas tienen la misma potencia, de manera que todos los amplificadores de potencia contenidos en cada antena se pueden usar al máximo. Con este fin, el segundo elemento antes mencionado “b” puede ser un número complejo que tiene un valor absoluto de 1. En otras palabras, la P mostrada en la ecuación 4

se puede representar por 
$$P = \begin{bmatrix} 1 \\ e^{j\theta} \end{bmatrix}$$
.

Existe una limitación en el número de matrices de precodificación contenidas en un libro de códigos utilizado para la precodificación, ya que tanto el extremo de transmisión como el extremo de recepción deben tener un libro de códigos, y la información sobre una matriz de precodificación predeterminada se comunica entre el extremo de transmisión y el extremo de recepción. Como consecuencia, el extremo de transmisión y el extremo de recepción deben utilizar un número limitado de matrices de precodificación. Para esta operación, como cada elemento de la matriz de precodificación puede utilizarse un número complejo que tiene un valor absoluto de 1 y una fase correspondiente a una cualquiera de +0°, +45°, +90°, +135°, +180°, -135°, -90° y -45°. Es decir, en la expresión

antes mencionada 
$$P = \begin{bmatrix} 1 \\ e^{j\theta} \end{bmatrix}$$
,  $\theta$  puede representarse por  $\theta \in \left\{ 0, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{4}, \pi, \frac{5\pi}{4}, \frac{6\pi}{4}, \frac{7\pi}{4} \right\}$ . En otras palabras, P se puede

representar por 
$$P \in \left\{ \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{1+j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ j \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{1-j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{-1-j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ -j \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix} \right\}$$
.

Matriz de precodificación 2Tx – Rango 2

En el caso de un 2Tx – Rango 2, la ecuación 3 se puede reescribir como la siguiente ecuación 5.

[Ecuación 5]

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = P \cdot x = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_{11}x_1 + p_{12}x_2 \\ p_{21}x_1 + p_{22}x_2 \end{bmatrix}$$

En la ecuación 5, la señal  $y_k$  transferida por medio de cada antena está compuesta por una combinación de varias señales de entrada  $x_i$  de manera que el valor de CM puede aumentar.

En este caso, si cada uno de  $p_{12}$  y  $p_{21}$  se fija a cero “0” o si cada uno de  $p_{11}$  y  $p_{22}$  se fija a cero “0”, solamente puede transmitirse una señal por medio de cada antena. Así, si se supone que se considera que el valor de CM de una señal  $x_i$  es bueno, el valor de CM de la señal precodificada también se convierte en bueno. En relación con la figura 7, en el caso en el que se mapea una palabra de código con cada capa, se aplica un ensanchamiento por DFT a la señal resultante de la cual se ha mapeado con cada capa, y se lleva a cabo un proceso de precodificación para permitir que cada antena transmita solamente una señal de capa, pudiéndose obtener el mismo efecto que en un proceso de IDFT o IFFT que se lleva a cabo en cuanto se realizó un proceso de DFT, y pudiéndose mantener la propiedad de PAPR o CM en un estado bueno. En adelante se explica en la siguiente exposición una descripción detallada de lo mencionado anteriormente.

En este caso, si cada uno de  $p_{12}$  y  $p_{21}$  es cero “0”, una señal correspondiente a cada capa se transmite por medio de cada antena después de multiplicarse por un valor complejo constante. Como consecuencia, aunque el valor complejo constante mencionado anteriormente se fije a 1, el rendimiento no es afectado por este valor complejo constante de 1.

Por lo tanto, la ecuación 5 puede representarse por la siguiente ecuación 6.

[Ecuación 6]

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \mathbf{P} \cdot \mathbf{x} = \begin{bmatrix} p_{11} & 0 \\ 0 & p_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{P} \in \left\{ \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \right\}$$

5 <Libro de códigos 4Tx>

En adelante se describirá una variedad de formas de realización de acuerdo con la estructura de una matriz de precodificación contenida en un libro de códigos utilizada en un modo 4Tx.

10 El método según formas de realización de la presente invención incluye: generar una pluralidad de flujos continuos mapeando una palabra de código con una pluralidad de capas; y precodificar los flujos continuos generados, mapear los flujos continuos precodificados respecto a una pluralidad de antenas, y transmitir por medio de las antenas el resultado del cual se ha mapeado. En este caso, el libro de códigos se puede configurar de la manera siguiente. Las matrices de precodificación utilizadas respectivamente en el rango 1, el rango 2, el rango 3 y el rango 4 se describirán de formas diferentes.

15 Matriz de precodificación 4Tx – Rango 1

En el caso de 4Tx – Rango 1, la ecuación 3 se puede reescribir como la siguiente ecuación 7.

20

[Ecuación 7]

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \end{bmatrix} = \mathbf{P} \cdot \mathbf{x} = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} \cdot [x_1] = \begin{bmatrix} ax_1 \\ bx_1 \\ cx_1 \\ dx_1 \end{bmatrix}$$

25 En caso de utilizar el esquema de precodificación de banda ancha de la misma manera que en el libro de códigos 2Tx – Rango 1, la CM de una señal transmitida por medio de cada antena mediante un proceso de precodificación 4Tx – Rango 1 es igual a la CM de una señal utilizada en el modo 1Tx. Así, a dicha CM puede aplicarse libremente todo tipo de matrices de precodificación sin ningún problema.

30 Matriz de precodificación 4Tx – Rango 2

En el caso del 4Tx – Rango 2, la ecuación 3 puede reescribirse como la siguiente ecuación 8.

35 [Ecuación 8]

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \end{bmatrix} = \mathbf{P} \cdot \mathbf{x} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \\ p_{31} & p_{32} \\ p_{41} & p_{42} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_{11}x_1 + p_{12}x_2 \\ p_{21}x_1 + p_{22}x_2 \\ p_{31}x_1 + p_{32}x_2 \\ p_{41}x_1 + p_{42}x_2 \end{bmatrix}$$

40 En un libro de códigos 4Tx – Rango 2, de una manera similar a la del libro de códigos 2Tx – Rango 2, un elemento específico de una matriz de precodificación se fija a cero "0", de manera que se minimiza el solapamiento de señales transmitidas por medio de antenas respectivas y por lo tanto CM puede mantenerse a un nivel bajo.

En la ecuación 8, si se considera que  $p_{k1}$  o  $p_{k2}$  en una señal  $(p_{k1}x_1 + p_{k2}x_2)$  transmitida por medio de cada antena se fija a cero "0", la señal transmitida por medio de cada antena se hace igual a una señal transmitida desde una capa única, y por lo tanto la CM de la señal transmitida por medio de cada antena puede mantenerse a un nivel bajo.

45

En una forma de realización de la presente invención, la "P" incluida en la ecuación 8 puede representarse por

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & 0 \\ p_{21} & 0 \\ 0 & p_{32} \\ 0 & p_{42} \end{bmatrix}$$

. La ecuación 8 puede reescribirse como la siguiente ecuación 9.

[Ecuación 9]

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \end{bmatrix} = P \cdot x = \begin{bmatrix} p_{11} & 0 \\ p_{21} & 0 \\ 0 & p_{32} \\ 0 & p_{42} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_{11}x_1 \\ p_{21}x_1 \\ p_{32}x_2 \\ p_{42}x_2 \end{bmatrix}$$

5 En referencia a la ecuación 9, se mapea solamente una capa con una señal transmitida por medio de cada antena. Desde el punto de vista de una capa única, se considera que la precodificación 2Tx – Rango 1 se aplica a información transmitida por medio de esta capa única. Por tanto, la matriz de precodificación 4Tx – Rango 2 se puede configurar utilizando una matriz de precodificación 2Tx – Rango 2. En otras palabras, la matriz de precodificación 4Tx – Rango 2 puede ser una matriz por bloques de la matriz de precodificación 2Tx – Rango 1.

10 Por ejemplo, “P” de acuerdo con una forma de realización de la presente invención se puede representar mediante la ecuación 10.

15

[Ecuación 10]

$$P = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ X \end{bmatrix} & 0 \\ 0 & \begin{bmatrix} 1 \\ Y \end{bmatrix} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ X & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & Y \end{bmatrix}, \quad X, Y \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$$

20 Dicha matriz de precodificación 2Tx-Rango1 se usa para un método destinado a transmitir información aplicando dos antenas a una única señal de capa. No obstante, si se supone que se dispone de 4 antenas físicas, el rendimiento de las comunicaciones se puede variar en función de qué combinación compuesta por dos antenas se utilice para la transmisión de datos. En este caso, la combinación seleccionada de antenas se puede cambiar de acuerdo con el valor de la matriz de precodificación P.

25 Por ejemplo, según una forma de realización de la presente invención, la matriz de precodificación P se puede configurar en varios formatos. Los respectivos formatos pueden indicar diferentes combinaciones de antenas.

[Ecuación 11]

$$P \in \left\{ \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ X & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & Y \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ X & 0 \\ 0 & Y \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & Y \\ X & 0 \end{bmatrix} \right\}$$

30 En la ecuación 11, si como matriz de precodificación P se selecciona un valor apropiado, puede potenciarse la mejora del rendimiento debida a la precodificación. Si la matriz de precodificación se configura tal como se ha descrito anteriormente, una señal correspondiente a cada capa utiliza dos antenas entre un total de cuatro antenas, los rendimientos de estimación de canales entre las capas respectivas llegan a ser similares entre sí, y el valor de CM para cada antena puede minimizarse.

35 En general, aunque se multiplique un valor constante por un vector columna específico de una matriz de precodificación arbitraria, las características de la matriz de precodificación no varían. Por lo tanto, aunque se multiplique un valor constante por una columna específica de la matriz de precodificación mencionada anteriormente, las características de la matriz de precodificación no varían. Como consecuencia, la operación mencionada anteriormente, para multiplicar un valor constante por un vector columna específico de la matriz de precodificación no se desvía con respecto al alcance de la presente invención.

45 Adicionalmente, si un factor de escala predeterminado se multiplica por la matriz de precodificación mostrada en la ecuación 11, el resultado multiplicado se puede representar por la siguiente ecuación 12.

[Ecuación 12]

$$P \in \left\{ k \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ X & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & Y \end{bmatrix}, k \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ X & 0 \\ 0 & Y \end{bmatrix}, k \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & Y \\ X & 0 \end{bmatrix} \right\}, X, Y \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$$

5 Matriz de precodificación 4Tx – Rango 3 (1)

En el caso del 4Tx – Rango 3, la ecuación 3 puede reescribirse en forma de la siguiente ecuación 13.

[Ecuación 13]

10

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \end{bmatrix} = P \cdot x = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} \\ p_{41} & p_{42} & p_{43} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_{11}x_1 + p_{12}x_2 + p_{13}x_3 \\ p_{21}x_1 + p_{22}x_2 + p_{23}x_3 \\ p_{31}x_1 + p_{32}x_2 + p_{33}x_3 \\ p_{41}x_1 + p_{42}x_2 + p_{43}x_3 \end{bmatrix}$$

15 En una matriz de precodificación 4Tx – Rango 3 de una manera similar a la de la matriz de precodificación 4Tx – Rango 2, un elemento específico de una matriz de precodificación se fija a cero “0”, de manera que se minimiza el solapamiento de señales transmitidas por medio de antenas respectivas y por lo tanto CM se puede mantener a un valor bajo.

20 En la ecuación 13, si se considera que  $p_{k1}$ ,  $p_{k2}$  o  $p_{k3}$  en una señal ( $p_{k1}x_1 + p_{k2}x_2 + p_{k3}x_3$ ) transmitida por medio de cada antena se fija a cero “0”, la CM de la señal transmitida por medio de cada antena puede mantenerse a un valor bajo.

En una forma de realización de la presente invención, la “P” incluida en la ecuación 12 puede representarse por

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & 0 & 0 \\ 0 & p_{22} & 0 \\ 0 & 0 & p_{33} \\ p_{41} & p_{42} & p_{43} \end{bmatrix}$$

25 La ecuación 13 puede reescribirse en forma de la siguiente ecuación 14.

[Ecuación 14]

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \end{bmatrix} = P \cdot x = \begin{bmatrix} p_{11} & 0 & 0 \\ 0 & p_{22} & 0 \\ 0 & 0 & p_{33} \\ p_{41} & p_{42} & p_{43} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_{11}x_1 \\ p_{22}x_2 \\ p_{33}x_3 \\ p_{41}x_1 + p_{42}x_2 + p_{43}x_3 \end{bmatrix}$$

30 En el rango 3, el número de capas a transmitir es 3, y el número de antenas físicas es 4. En este caso, puede mapearse independientemente cada una de las tres antenas respecto a una única capa. En la presente memoria puede mapearse solamente una señal de una capa única respecto a la antena restante, o pueden mapearse señales de por lo menos dos capas con la antena restante. Si se mapea solamente una señal de una capa única específica con la antena restante, la CM de la señal transmitida por medio de esta antena puede presentar buenas características, pero el rendimiento de las comunicaciones de la capa única específica puede ser diferente con respecto al de otra capa. Por ejemplo, en el caso en el que se mapea información de una primera capa (Capa 1) con una primera antena (Antena 1) y con una cuarta antena (Antena 4), se mapea información de una segunda capa (Capa 2) con una segunda antena (Antena 2), y se mapea información de una tercera capa (Capa 3) con una tercera antena (Antena 3), el rendimiento de comunicaciones de la información de la Capa 1 puede ser diferente con respecto al de o bien la Capa 2 ó bien la Capa 3.

40 En una forma de realización de la presente invención, para minimizar un valor de CM para cada antena en el proceso de precodificación, la matriz de precodificación P puede tener uno cualquiera de los valores de  $P_1$ ,  $P_2$ , y  $P_3$  mostrados en la siguiente ecuación 15.

45

[Ecuación 15]

$$P_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ X & 0 & 0 \end{bmatrix}, P_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & Y & 0 \end{bmatrix}, P_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & Z \end{bmatrix}$$

5 donde,  $X, Y, Z \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$ .

En caso de utilizar las matrices de precodificación  $P_1$ ,  $P_2$  y  $P_3$  antes mencionadas, las cantidades de antenas utilizadas para capas individuales son diferentes entre sí. No obstante, si se considera que las matrices de precodificación  $P_1$ ,  $P_2$  y  $P_3$  se utilizan uniformemente para transmitir cierta información, en lugar de utilizar una cualquiera de las matrices de precodificación  $P_1$ ,  $P_2$  y  $P_3$ , las cantidades de antenas utilizadas para capas individuales pueden normalizarse. Aunque las matrices de precodificación  $P_1$ ,  $P_2$  y  $P_3$  se pueden usar de forma alternada en el dominio de la frecuencia, la propiedad de portadora única de una señal compuesta por una única portadora es deteriorada, de manera que el valor de CM aumenta de forma inevitable. Por lo tanto, si las matrices de precodificación  $P_1$ ,  $P_2$  y  $P_3$  se aplican alternadamente a cada símbolo de SC-FDMA, no se obtiene ningún aumento adicional de la CM. En caso de transmitir datos, la información se puede descodificar en unidades de una subtrama. Por lo tanto, si las matrices de precodificación  $P_1$ ,  $P_2$  y  $P_3$  se aplican de forma alternada a cada símbolo de SC-FDMA, la información de cada capa de la información total transmitida por medio de una única subtrama se puede transmitir a través del mismo número de antenas por término medio.

En otra forma de realización de la presente invención, la posición de una antena utilizada por cada capa se cambia de manera que puede mejorarse el rendimiento. El cambio de la posición de la antena se puede llevar a cabo a lo largo del tiempo. En particular, la posición de la antena se puede variar en cada símbolo de SC-FDMA. En adelante se describirá detalladamente un método explicado minuciosamente para cambiar la posición de la antena.

Por ejemplo, la posición de un valor diferente de "0" en la matriz de precodificación se cambia a otra posición en el rango de un vector fila, de manera que la posición de una antena por medio de la cual se transmite cada señal de capa se puede cambiar a otra posición. Como ejemplo alternativo, el método antes mencionado se puede implementar mediante una permutación de filas/columnas ya que la permutación de la posición se lleva a cabo entre filas o columnas de una matriz de precodificación dada.

La figura 8 es un diagrama conceptual que ilustra un método para llevar a cabo una permutación sobre la posición de una fila o columna de una matriz de precodificación.

Con mayor detalle, la figura 8(a) es un diagrama conceptual que ilustra un método para llevar a cabo una permutación sobre la posición de una fila, y la figura 8(b) es un diagrama conceptual que ilustra un método para llevar a cabo una permutación sobre la posición de una columna.

En la matriz de precodificación mostrada en la ecuación 15, una matriz de precodificación  $P_1$  se puede permutar por filas y/o se puede permutar por columnas, de manera que puede generarse una matriz de precodificación  $P_2$  o  $P_3$ . Por lo tanto, en una estructura tal como la matriz de precodificación  $P_1$ ,  $P_2$  o  $P_3$ , puede obtenerse una nueva matriz de precodificación exclusiva únicamente mediante permutación de filas.

El orden de las filas cambiadas por la permutación de filas disponible en el modo 4Tx puede representarse por la siguiente expresión.

- {1, 2, 3, 4}, {1, 2, 4, 3}, {1, 3, 2, 4}, {1, 3, 4, 2},
- {1, 4, 2, 3}, {1, 4, 3, 2}, {2, 1, 3, 4}, {2, 1, 4, 3},
- {2, 3, 1, 4}, {2, 3, 4, 1}, {2, 4, 1, 3}, {2, 4, 3, 1},
- {3, 2, 1, 4}, {3, 2, 4, 1}, {3, 1, 2, 4}, {3, 1, 4, 2},
- {3, 4, 2, 1}, {3, 4, 1, 2}, {4, 2, 3, 1}, {4, 2, 1, 3},
- {4, 3, 2, 1}, {4, 3, 1, 2}, {4, 1, 2, 3}, {4, 1, 3, 2}

En la expresión mencionada anteriormente, {w, x, y, z} significa que los vectores fila 1, 2, 3 y 4 de la matriz de precodificación se reorganizan en el orden de los números entre paréntesis a condición de que exista una matriz de precodificación dada  $P_k$ .

Con la permutación de filas, se mapean señales correspondientes a una capa específica con antenas diferentes. Con la permutación de columnas, puede obtenerse el mismo efecto que en la conmutación de información de capas

diferentes. Si no existe la necesidad de diferenciar el rendimiento de cada capa, el sistema para solicitar un rendimiento similar de cada capa no necesita utilizar la permutación de columnas. Por lo tanto, el efecto correspondiente a la selección de antenas puede obtenerse utilizando únicamente la permutación de filas.

- 5 Al mismo tiempo, en el caso en el que un factor de escala dado se multiplica por cada matriz de precodificación mostrada en la ecuación 15, el resultado se puede representar por la siguiente ecuación 16.

[Ecuación 16]

$$P_1 = k \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ X & 0 & 0 \end{bmatrix}, P_2 = k \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & Y & 0 \end{bmatrix}, P_3 = k \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & Z \end{bmatrix},$$

10  $X, Y, Z \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$

Matriz de precodificación 4Tx – Rango 3 (2)

- 15 En el caso de 4Tx – Rango 3, si cada antena transmite información correspondiente a solamente una capa, el valor de CM de una señal transmitida por medio de cada antena se puede mantener a un valor bajo, aunque se transmite información de solamente una capa por medio de solamente una antena de manera que el rendimiento de las comunicaciones puede deteriorarse. Por lo tanto, en el caso del 4Tx – Rango 3, existe una necesidad de diseñar un libro de códigos de tal manera que se multiplexe y se transmita por medio de una sola antena un máximo de dos capas, de manera que pueda minimizarse el aumento de CM y al mismo tiempo puede incrementarse el rendimiento de las comunicaciones.
- 20

De acuerdo con una forma de realización de la presente invención, cuando se transmite información correspondiente a dos capas por medio de una única antena, la matriz de precodificación P mostrada en la ecuación 13 puede representarse por la P<sub>4</sub> de la ecuación 17 ó la P<sub>5</sub> de la ecuación 18.

25

[Ecuación 17]

$$P_4 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ X & 0 & Z \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & Y & 0 \end{bmatrix}, X \neq Z, X, Y, Z \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$$

30 [Ecuación 18]

$$P_5 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ X & 1 & 0 \\ 0 & Y & 1 \\ 0 & 0 & Z \end{bmatrix}, X, Y, Z \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$$

- 35 En la ecuación 17, para ajustarse al rango 3, “X” debe ser diferente de “Z” en la matriz de precodificación P<sub>4</sub>.

Un método para utilizar la matriz de precodificación P<sub>4</sub> o P<sub>5</sub> presenta la desventaja de que se transmite solamente una señal de una única capa por medio de la otra antena, mientras que una señal de dos capas se multiplexa y transmite por medio de una antena específica.

- 40 En una forma de realización de la presente invención, para eliminar el problema antes mencionado, la matriz de precodificación P puede presentar uno cualquiera de los valores P<sub>6</sub>, P<sub>7</sub> y P<sub>8</sub> mostrados en la siguiente ecuación 19.

[Ecuación 19]

$$P_6 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & Z \\ X & 1 & 0 \\ 0 & Y & 1 \\ A & 0 & C \end{bmatrix}, P_7 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & Z \\ X & 1 & 0 \\ 0 & Y & 1 \\ 0 & B & C \end{bmatrix}, P_8 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & Z \\ X & 1 & 0 \\ 0 & Y & 1 \\ A & B & 0 \end{bmatrix}$$

45

donde,  $X, Y, Z, A, B, C \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$

En asociación con la matriz de precodificación P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub>, P<sub>6</sub>, P<sub>7</sub> o P<sub>8</sub>, puede llevarse a cabo una permutación por filas y/o una permutación por columnas sobre la matriz de precodificación 4Tx – Rango 3. Debido a que se llevan a cabo la permutación de filas y la permutación de columnas, mediante la precodificación pueden implementarse una función de selección de antenas y una función de permutación de capas para posibilitar la transmisión de una señal de una capa específica por medio de una antena arbitraria.

En una forma de realización de la presente invención, vectores columna individuales de la matriz de precodificación pueden configurarse para presentar ortogonalidad entre ellos.

Si vectores columna individuales de la matriz de precodificación se configuran para presentar ortogonalidad entre sí, la matriz de precodificación puede cumplir propiedades de una matriz unitaria de un lado. Es decir, la matriz de precodificación P puede presentar una característica indicada por la siguiente ecuación 20.

[Ecuación 20]

$$P^H P = \alpha \cdot I \neq P P^H$$

En una forma de realización de la presente invención, la matriz de precodificación de rango 3 se puede configurar en forma de la siguiente ecuación 21. La matriz de precodificación P destinada a cumplir la siguiente ecuación 21 puede cumplir la relación que se ilustra en la ecuación 20.

[Ecuación 21]

$$P = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ X & 0 & -X \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & Y & 0 \end{bmatrix} \quad X, Y \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$$

$$P^H P = \begin{bmatrix} 1 & X^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & Y^* \\ 1 & -X^* & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ X & 0 & -X \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & Y & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix} = \alpha \cdot I$$

En la ecuación 21, puesto que se cumple la relación indicada por observarse que la matriz P cumple la ecuación 20.

Matriz de precodificación 4Tx – Rango 4 (1)

En el caso del 4Tx – Rango 4, la ecuación 3 se puede reescribir en forma de la siguiente ecuación 22.

[Ecuación 22]

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \end{bmatrix} = P \cdot x = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & P_{24} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} & P_{34} \\ P_{41} & P_{42} & P_{43} & P_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{11}x_1 + P_{12}x_2 + P_{13}x_3 + P_{14}x_4 \\ P_{21}x_1 + P_{22}x_2 + P_{23}x_3 + P_{24}x_4 \\ P_{31}x_1 + P_{32}x_2 + P_{33}x_3 + P_{34}x_4 \\ P_{41}x_1 + P_{42}x_2 + P_{43}x_3 + P_{44}x_4 \end{bmatrix}$$

En el caso de 4Tx – Rango 4, se multiplexan y transmiten por medio de antenas respectivas, señales de cuatro capas.

En una forma de realización de la presente invención, si una matriz de precodificación se configura en forma de una matriz identidad, una antena puede transmitir solamente una señal correspondiente a una única capa. En este caso, la ecuación 22 puede reescribirse en forma de la siguiente ecuación 23.

[Ecuación 23]

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \end{bmatrix} = P \cdot x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix}$$

Matriz de precodificación 4Tx – Rango 4 (2)

En un libro de códigos 4Tx – Rango 4, si se incrementa el número de matrices de precodificación de rango 4, también puede aumentar el rendimiento de las comunicaciones. A medida que aumenta el número de matrices de precodificación contenidas en un libro de códigos, puede seleccionarse una matriz de precodificación más próxima al

canal real. Así, cuanto mayor sea el número de matrices de precodificación, mayor será el rendimiento. No obstante, la selección de una matriz de precodificación en un libro de códigos resulta complicada, de manera que es preferible que en dicho libro de códigos se incluya un número apropiado de matrices de precodificación. No obstante, en el caso del 4Tx – Rango 4, para transmitir solamente una señal correspondiente a una única capa por medio de cada antena, la matriz de precodificación debería ser una matriz identidad, de manera que una señal correspondiente a dos o más capas debería transmitirse en ocasiones por medio de una única antena en caso de utilizar varias matrices de precodificación de rango 4. Por lo tanto, para minimizar el valor de CM y aumentar el número de matrices de precodificación de rango 4 en un libro de códigos, un elemento específico de la matriz de precodificación puede fijarse a cero “0”. En la ecuación 22, si se supone que dos valores de  $p_{k1}$ ,  $p_{k2}$ ,  $p_{k3}$  y  $p_{k4}$  en la señal ( $p_{k1}x_1 + p_{k2}x_2 + p_{k3}x_3 + p_{k4}x_4$ ) transmitida por medio de cada antena se fijan respectivamente a cero “0”, la CM de la señal transmitida por medio de cada antena se puede mantener a un valor bajo.

En una forma de realización de la presente invención, la matriz de precodificación se puede fijar a  $P_9$  de la siguiente ecuación 24,  $P_{10}$  de la siguiente ecuación 25, ó  $P_{11}$  de la siguiente ecuación 26.

[Ecuación 24]

$$P_9 = \begin{bmatrix} 1 & A & 0 & 0 \\ 0 & 1 & B & 0 \\ 0 & 0 & 1 & C \\ D & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad 1 \neq ABCD,$$

$$A, B, C, D \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$$

[Ecuación 25]

$$P_{10} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ A & 0 & C & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & B & 0 & D \end{bmatrix}$$

donde,  $A=C, B=D, A, B, C, D \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$

[Ecuación 26]

$$P_{11} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ A & 0 & -A & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & B & 0 & -B \end{bmatrix}, \quad A, B \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$$

La matriz de precodificación  $P_9$ ,  $P_{10}$  o  $P_{11}$  es un ejemplo de una matriz de precodificación para transmitir una señal correspondiente a un máximo de dos capas por medio de cada antena. Tal como se ha descrito anteriormente, la permutación de filas/columnas se lleva a cabo sobre la matriz de precodificación  $P_9$ ,  $P_{10}$  o  $P_{11}$ , de manera que pueden transmitirse señales de capas diferentes por medio de antenas diferentes.

La matriz de precodificación  $P_{11}$  es una matriz unitaria, de manera que pueden aprovecharse las ventajas de la matriz de precodificación unitaria.

Matriz de precodificación 4Tx – Rango 4 (3)

En el caso del 4Tx – Rango 4, solamente un elemento de entre elementos de cada fila de una matriz de precodificación puede fijarse a cero “0”. En el caso de utilizar el método anterior, una señal correspondiente a tres capas puede multiplexarse y transmitirse por medio de una única antena, de manera que puede mejorarse el rendimiento de las comunicaciones. No obstante, en caso de que se utilice el método antes mencionado, el valor de CM aumenta más, aunque el valor de CM aumentado puede ser inferior a otro valor de CM que se obtiene cuando todos los elementos de la matriz de precodificación se fijan, cada uno de ellos, a cualquiera de otros valores excepto cero “0”. Por lo tanto, el método mencionado anteriormente se puede utilizar eficazmente bajo un estado de una buena SNR en el cual no es necesario que el transmisor transmita datos o información con una potencia de transmisión máxima.

En una forma de realización de la presente invención, la matriz de precodificación  $P$  se puede representar por la  $P_{12}$  de la siguiente ecuación 27, la  $P_{13}$  de la siguiente ecuación 28, la  $P_{14}$  de la siguiente ecuación 29, o la  $P_{15}$  de la siguiente ecuación 30.

[Ecuación 27]

$$P_{12} = \begin{bmatrix} 1 & m_{12} & m_{13} & 0 \\ 0 & 1 & m_{23} & m_{24} \\ m_{31} & 0 & 1 & m_{34} \\ m_{41} & m_{42} & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$m_{ik} \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}, \quad i, k = 1, 2, 3, 4$$

5

[Ecuación 28]

$$P_{13} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 \\ m_{21} & 0 & m_{23} & m_{24} \\ 0 & 1 & m_{33} & m_{34} \\ 0 & m_{42} & m_{43} & m_{44} \end{bmatrix}$$

$$m_{ik} \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}, \quad i, k = 1, 2, 3, 4$$

10

[Ecuación 29]

$$P_{14} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 \\ m_{21} & 0 & m_{23} & m_{24} \\ m_{31} & 0 & m_{33} & m_{34} \\ 0 & 1 & m_{43} & m_{44} \end{bmatrix}$$

$$m_{ik} \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}, \quad i, k = 1, 2, 3, 4$$

15

[Ecuación 30]

$$P_{15} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & c & -c & c \\ a & 0 & -a & -a \\ b & -b & 0 & b \end{bmatrix}$$

$$a, b, c \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$$

La matriz de precodificación  $P_{15}$  ilustrada en la ecuación 30 es una matriz unitaria, de manera que pueden aprovecharse las ventajas de la matriz de precodificación unitaria.

20

Como parte de un libro de códigos puede utilizarse una matriz obtenida cuando una constante se multiplica por una columna específica de la matriz de precodificación u otra matriz que se obtenga cuando se lleva a cabo una permutación de filas/columnas sobre la matriz de precodificación antes mencionada.

25

Los elementos de las matrices de precodificación mencionadas anteriormente se seleccionan de entre un número complejo que tiene un valor absoluto de 1 y una fase correspondiente a una cualquiera de  $+0^\circ$ ,  $+45^\circ$ ,  $+90^\circ$ ,  $+135^\circ$ ,  $+180^\circ$ ,  $-135^\circ$ ,  $-90^\circ$  y  $-45^\circ$ . Es decir, los elementos de la matriz de precodificación se seleccionan de

$$\left\{ e^{j\theta}, \theta \in \left\{ 0, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{4}, \pi, \frac{5\pi}{4}, \frac{6\pi}{4}, \frac{7\pi}{4} \right\} \right\}$$

30

conjunto de números complejos que tienen un valor absoluto de 1 y fases diferentes. Por ejemplo, cada elemento de

la matriz de precodificación se puede seleccionar de  $\left\{ e^{j\theta + \alpha}, \theta \in \left\{ 0, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{4}, \pi, \frac{5\pi}{4}, \frac{6\pi}{4}, \frac{7\pi}{4} \right\} \right\}$  (donde  $\alpha$  es una constante arbitraria).

35

Equilibrado de la potencia

Al mismo tiempo, puede considerarse que el equilibrado de la potencia de transmisión de antenas respectivas y/o el equilibrado de la potencia de transmisión de capas respectivas es una materia importante en el diseño de los libros de códigos. Si las potencias de transmisión de antenas individuales no se ajustan para una máxima uniformidad, surge una diferencia en el rendimiento entre antenas de transmisión respectivas. Así, si las potencias de transmisión de capas individuales no se ajustan para una máxima uniformidad, surge una diferencia en el rendimiento entre palabras de código respectivas.

40

Por lo tanto, una forma de realización de la presente invención propone un método para diseñar una matriz de precodificación que tiene en cuenta el equilibrado de la potencia de las antenas utilizando normas de todos los

elementos (es decir, todos los elementos de una fila específica de la matriz de precodificación) correspondientes a antenas individuales de la matriz de precodificación. Con mayor detalle, la matriz de precodificación que se muestra en la siguiente ecuación 31 puede utilizarse en forma de un equilibrado de potencias de antena que se muestra en la siguiente ecuación 32.

5

[Ecuación 31]

$$P = k \cdot \begin{bmatrix} p_{11} & \dots & p_{1N_L} \\ p_{21} & \dots & p_{2N_L} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{N_T1} & \dots & p_{N_TN_L} \end{bmatrix}$$

10

[Ecuación 32]

$$P = k \cdot \begin{bmatrix} \frac{p_{11}}{\sqrt{p_{11}^2 + \dots + p_{1N_L}^2}} & \dots & \frac{p_{1N_L}}{\sqrt{p_{11}^2 + \dots + p_{1N_L}^2}} \\ \frac{p_{21}}{\sqrt{p_{21}^2 + \dots + p_{2N_L}^2}} & \dots & \frac{p_{2N_L}}{\sqrt{p_{21}^2 + \dots + p_{2N_L}^2}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{p_{N_T1}}{\sqrt{p_{N_T1}^2 + \dots + p_{N_TN_L}^2}} & \dots & \frac{p_{N_TN_L}}{\sqrt{p_{N_T1}^2 + \dots + p_{N_TN_L}^2}} \end{bmatrix}$$

15

Por otro lado, una forma de realización de la presente invención proporciona un método para diseñar una matriz de precodificación que tiene en cuenta el equilibrado de la potencia de capas utilizando normas de todos los elementos (es decir, todos los elementos de una columna específica de la matriz de precodificación) de capas individuales. Con mayor detalle, la matriz de precodificación que se muestra en la siguiente ecuación 33 puede utilizarse como equilibrado de potencia de capas según se muestra en la siguiente ecuación 34.

20

[Ecuación 33]

$$P = k \cdot \begin{bmatrix} p_{11} & \dots & p_{1N_L} \\ p_{21} & \dots & p_{2N_L} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{N_T1} & \dots & p_{N_TN_L} \end{bmatrix}$$

25

[Ecuación 34]

$$P = k \cdot \begin{bmatrix} \frac{p_{11}}{\sqrt{p_{11}^2 + \dots + p_{N_T1}^2}} & \dots & \frac{p_{1N_L}}{\sqrt{p_{1N_L}^2 + \dots + p_{N_TN_L}^2}} \\ \frac{p_{21}}{\sqrt{p_{11}^2 + \dots + p_{N_T1}^2}} & \dots & \frac{p_{2N_L}}{\sqrt{p_{1N_L}^2 + \dots + p_{N_TN_L}^2}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{p_{N_T1}}{\sqrt{p_{11}^2 + \dots + p_{N_T1}^2}} & \dots & \frac{p_{N_TN_L}}{\sqrt{p_{1N_L}^2 + \dots + p_{N_TN_L}^2}} \end{bmatrix}$$

30

En este caso, a diferencia de una matriz de precodificación de rango 2, puede resultar inapropiado para el número de filas y el número de columnas en una matriz de precodificación 4Tx – Rango 3 llevar a cabo simultáneamente el equilibrado de la potencia de las antenas y el equilibrado de potencia. No obstante, en una situación específica, por ejemplo, en un sistema que usa un cambio de capa que cambia una capa utilizada para transmisión a otra capa de acuerdo con un patrón específico en un modo de transmisión, se produce un efecto por el cual la diferencia en rendimiento entre capas se dispersa, y el equilibrado de potencia de las capas puede ser relativamente menos importante que el equilibrado de potencia de las antenas. Por lo tanto, una forma de realización de la presente invención propone el uso de una matriz de precodificación que se obtiene cuando el equilibrado de potencia de las antenas se lleva a cabo en primer lugar a condición de que sea imposible ejecutar simultáneamente el equilibrado de potencia de las antenas y el equilibrado de potencia de las capas.

40

Al mismo tiempo, las siguientes matrices de precodificación de entre las matrices de precodificación antes mencionadas 4Tx – Rango 3 indican que se puede llevar el equilibrado de potencia de las antenas ya que se transmiten dos símbolos a cada capa, según se indica por medio de la siguiente ecuación 35.

[Ecuación 35]

$$P'_6 = k \cdot \begin{bmatrix} P_{11} & 0 & 0 \\ 0 & P_{22} & 0 \\ 0 & 0 & P_{33} \\ \frac{P_{41}}{\sqrt{3}} & \frac{P_{42}}{\sqrt{3}} & \frac{P_{43}}{\sqrt{3}} \end{bmatrix} \quad P'_4 = k \cdot \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{X}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{Z}{\sqrt{2}} \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & Y & 0 \end{bmatrix} \quad P'_5 = k \cdot \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & 0 \\ \frac{X}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \\ 0 & Y & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & 0 & Z \end{bmatrix}$$

5 De manera similar, en el caso de las siguientes matrices de precodificación de entre las matrices de precodificación 4Tx – Rango 3, puesto que se transmite solamente un símbolo a una antena, únicamente puede llevarse al equilibrado de potencia de las capas tal como se muestra en la siguiente ecuación 36.

[Ecuación 36]

10

$$P'_1 = k \cdot \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ \frac{X}{\sqrt{2}} & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad P'_2 = k \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & Y & 0 \end{bmatrix} \quad P'_3 = k \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & 0 & Z \end{bmatrix} \quad P'_7 = k \cdot \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{3}} & 0 & \frac{Z}{\sqrt{3}} \\ \frac{X}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \\ 0 & Y & \frac{1}{\sqrt{3}} \\ \frac{A}{\sqrt{3}} & 0 & \frac{C}{\sqrt{3}} \end{bmatrix}$$

$$P'_8 = k \cdot \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{Z}{\sqrt{3}} \\ \frac{X}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{3}} & 0 \\ 0 & Y & \frac{1}{\sqrt{3}} \\ 0 & \frac{B}{\sqrt{3}} & \frac{C}{\sqrt{3}} \end{bmatrix} \quad P'_9 = k \cdot \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{3}} & 0 & \frac{Z}{\sqrt{2}} \\ \frac{X}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{3}} & 0 \\ 0 & Y & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{A}{\sqrt{3}} & \frac{B}{\sqrt{3}} & 0 \end{bmatrix}$$

Al mismo tiempo, de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención, desde el punto de vista de la ejecución simultánea tanto del equilibrado de potencia de las antenas como del equilibrado de potencia de las capas, la presente invención propone la matriz de precodificación 4Tx – Rango 3 que incluye las siguientes matrices de precodificación indicadas por la ecuación 37.

15

[Ecuación 37]

20

$$P_0^{(1)'} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad P_0^{(2)'} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad P_0^{(3)'} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad P_0^{(4)'} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

En otras palabras, la ecuación 37 muestra matrices de precodificación usadas como matrices de precodificación 4Tx – Rango 3, y cada matriz de precodificación de la ecuación 37 se establece para no transmitir ninguna señal a una única antena específica.

25

Al mismo tiempo, por medio de la siguiente ecuación 38 pueden representarse ejemplos de la matriz de precodificación que se obtiene cuando se lleva a cabo el equilibrado de potencia de capas sobre la matriz de precodificación 4Tx – Rango 4.

30

[Ecuación 38]

$$P'_{13} = k \cdot \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \frac{m_{21}}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{m_{22}}{2} & \frac{m_{24}}{2} \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{m_{33}}{2} & \frac{m_{34}}{2} \\ 0 & \frac{m_{42}}{\sqrt{2}} & \frac{m_{43}}{2} & \frac{m_{44}}{2} \end{bmatrix} \quad P'_{14} = k \cdot \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{3}} & 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \frac{m_{21}}{\sqrt{3}} & 0 & \frac{m_{23}}{2} & \frac{m_{24}}{2} \\ \frac{m_{31}}{\sqrt{3}} & 0 & \frac{m_{33}}{2} & \frac{m_{34}}{2} \\ 0 & 1 & \frac{m_{43}}{2} & \frac{m_{44}}{2} \end{bmatrix}$$

<Poda de libros de códigos>

35

En un sistema 4Tx, como elementos de un libro de código utilizado en los extremos de transmisión y de recepción pueden usarse matrices de precodificación correspondientes al rango 1, al rango 2, al rango 3, y al rango 4. No obstante, en caso de utilizar todas las matrices de precodificación, el tamaño de libro de códigos se incrementa excesivamente, de modo que resulta necesario reducir el número de matrices de precodificación simultáneamente al

mismo tiempo que se mantiene el rendimiento en un nivel apropiado. A continuación en la presente memoria se describirán de forma detallada formas de realización que pueden reducir el número de matrices de precodificación. Los métodos para restringir la siguiente matriz de precodificación se pueden utilizar de forma independiente o simultánea.

5 Restricción de los alfabetos de elementos del libro de códigos

Cada elemento de las matrices de precodificación antes mencionadas se selecciona de entre un número complejo que tiene un valor absoluto de 1 y una fase correspondiente a una cualquiera de +0 °, +45 °, +90 °, +135 °, +180 °, -135 °, -90 ° y -45 °.

10 En una forma de realización de la presente invención, para reducir el número de matrices de precodificación, cada elemento de las matrices de precodificación se puede seleccionar de entre un número complejo que tiene un valor absoluto de 1 y una fase correspondiente a una cualquiera de +0 °, +90 °, +180 °, -90 °. Es decir, cada elemento de la matriz de precodificación se puede seleccionar de entre {1, j, -1, -j}.

15 En caso contrario, cada elemento de la matriz de precodificación se puede extraer de un subconjunto compuesto por N caracteres alfabéticos entre 8 alfabetos que están separados entre sí por un ángulo de 45 °.

20 Restricción a matriz de precodificación unitaria

En el caso en el que vectores columna individuales contenidos en una matriz de precodificación presentan ortogonalidad entre ellos, la matriz de precodificación puede ser una matriz unitaria o una matriz parcialmente unitaria. Si la matriz de precodificación presenta las características antes mencionadas, puede obtenerse una ventaja adicional.

25 Así, de acuerdo con una forma de realización de la presente invención, se recopilan matrices unitarias o matrices parcialmente unitarias entre la totalidad de las matrices de precodificación mencionadas anteriormente de manera que pueda formarse un libro de códigos.

30 Por ejemplo, la permutación de filas/columnas se lleva a cabo sobre las matrices de precodificación mostradas en la siguiente ecuación 39 y las matrices de precodificación mostradas en la siguiente ecuación 40 para obtener unas cuantas matrices, y las matrices obtenidas se combinan, de manera que pueda generarse un libro de códigos.

35 [Ecuación 39]

$$\begin{aligned}
 p^{(1)} &= \begin{bmatrix} 1 \\ a \\ b \\ c \end{bmatrix}, & p^{(2)} &= \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ a & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & b \end{bmatrix}, & p^{(3)} &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ a & 0 & -a \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & b & 0 \end{bmatrix}, \\
 p_1^{(4)} &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ a & 0 & -a & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & b & 0 & -b \end{bmatrix}, & p_2^{(4)} &= \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & c & -c & c \\ a & 0 & -a & -a \\ b & -b & 0 & b \end{bmatrix},
 \end{aligned}$$

40 donde,  $a, b, c \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$ .

45 Restricción a estructura anidada

Quando se construyen las matrices de precodificación de rango 1, rango 2, rango 3 y rango 4, en el caso en el que la matriz de precodificación de rango 2 ó rango 3 pueda construirse con vectores columna de la matriz de precodificación de rango 4, a la matriz de precodificación construida se le denomina matriz de precodificación con estructura anidada. Si como parte de un libro de códigos de precodificación se utiliza una matriz de precodificación específica de rango 4, la matriz de precodificación de rango 3 debería configurarse con vectores columna de la matriz de precodificación de rango 4 específica, de tal manera que se produce una limitación en la construcción de la matriz de precodificación. Así, el tamaño del libro de códigos puede limitarse de acuerdo con la norma o estándar antes mencionado.

50 En una forma de realización de la presente invención, la matriz de precodificación de rango 1, rango 2, rango 3 o rango 4 puede presentar una estructura anidada.

55 Por ejemplo, un libro de códigos puede construirse con una combinación de matrices que se obtienen al llevar a cabo la permutación de filas/columnas sobre las matrices de precodificación que se muestran en la siguiente

ecuación 40.

[Ecuación 40]

$$P^{(1)} = \begin{bmatrix} 1 \\ a \\ b \\ c \end{bmatrix}, \quad P^{(2)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ a & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & b \end{bmatrix}, \quad P^{(3)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ a & 0 & -a \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & b & 0 \end{bmatrix}, \quad P^{(4)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ a & 0 & -a & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & b & 0 & -b \end{bmatrix}$$

donde,  $a, b, c \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$

Además de las matrices que se muestran en las ecuaciones antes mencionadas, también pueden existir otras matrices aplicables. Puede apreciarse fácilmente que las matrices aplicables se pueden obtener llevando a cabo la permutación de filas y/o la permutación de columnas sobre las matrices antes mencionadas. En la presente invención, puesto que la matriz de precodificación tiene elementos que presentan cada uno de ellos un valor de 0, no se puede mapear una cierta antena con un flujo continuo de entrada específico. Esta operación se puede reconocer como función de selección de antenas.

II. Formato detallado del libro de códigos

En adelante en la presente memoria, en el caso en el que un libro de códigos esté diseñado para cumplir la regla de diseño de libros de códigos antes mencionada, se describirá detalladamente un método para decidir una matriz de precodificación para cada rango contenido en el libro de códigos teniendo en cuenta una distancia cordal.

La figura 9 es un diagrama conceptual que ilustra una distancia cordal.

Una distancia cordal es bien conocida como una de las normas (o estándares) para comparar rendimientos de diversos conjuntos de libros de códigos. En este caso, el término "cordal" indica una línea recta entre dos puntos situados en la circunferencia. Por lo tanto, dado un caso bidimensional (2D), la distancia cordal indica una distancia entre dos puntos situados en la circunferencia de un círculo (por ejemplo, un círculo unitario) según se muestra en la figura 9.

Existe la necesidad de que el libro de códigos 4Tx considere una distancia cordal tetradimensional, de manera que la siguiente ecuación 41 puede utilizarse como distancia cordal para seleccionar un conjunto de libros de códigos.

[Ecuación 41]

$$d_c(P, Q) = \frac{1}{\sqrt{2}} \|PP^H - QQ^H\|_F$$

En la ecuación 41, P es  $P = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_N]$ , y Q es  $Q = [u_1 \ u_2 \ \dots \ u_N]$ , donde  $v_i$  y  $u_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N, N=4$  en el caso de antenas 4Tx) son vectores principales de las matrices P y Q, respectivamente. Además,

$$\|A\|_F = \sqrt{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n |a_{ij}|^2} = \sqrt{\text{traza}(AA^H)}$$

es la norma de Frobenius de la matriz. La distancia acordada antes mencionada también puede medirse por medio de la siguiente ecuación 42.

[Ecuación 42]

$$d_c(P, Q) = \frac{1}{\sqrt{2}} \|PP^H - QQ^H\|_F = \sqrt{n - \text{traza}(AA^H BB^H)}$$

donde A y B son matrices de generación ortogonal para P y Q respectivamente.

El diseño antes mencionado de libros de códigos para el sistema 4Tx basado en cuatro antenas de transmisión se describirá utilizando el concepto antes mencionado de distancia cordal. Por comodidad en la descripción y para entender mejor la presente invención, de las siguientes expresiones se omitirá el factor relacionado con el equilibrado de potencia.

Rango 2

En primer lugar, se supone que se utilizan los siguientes libros de códigos de tres grupos que pueden mantener un buen rendimiento de la CM sobre el sistema 4Tx – Rango 2.

5 [Ecuación 43]

Grupo 1 
$$\left( \begin{matrix} 1 & 0 \\ X & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & Y \end{matrix} \right) \left( \begin{matrix} 1 & 0 \\ X & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -Y \end{matrix} \right) \left( \begin{matrix} 1 & 0 \\ -X & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & Y \end{matrix} \right) \left( \begin{matrix} 1 & 0 \\ -X & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -Y \end{matrix} \right) \quad X, Y \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}} \right\}$$

10 Grupo 2 
$$\left( \begin{matrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ X & 0 \\ 0 & Y \end{matrix} \right) \left( \begin{matrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ X & 0 \\ 0 & -Y \end{matrix} \right) \left( \begin{matrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -X & 0 \\ 0 & Y \end{matrix} \right) \left( \begin{matrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -X & 0 \\ 0 & -Y \end{matrix} \right) \quad X, Y \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}} \right\}$$

Grupo 3 
$$\left( \begin{matrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & Y \\ X & 0 \end{matrix} \right) \left( \begin{matrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -Y \\ X & 0 \end{matrix} \right) \left( \begin{matrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & Y \\ -X & 0 \end{matrix} \right) \left( \begin{matrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -Y \\ -X & 0 \end{matrix} \right) \quad X, Y \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}} \right\}$$

15 Aunque el número de matrices de precodificación que cumplen los formatos antes mencionados puede ser un número considerablemente alto, es preferible que el libro de códigos para incluir un número predeterminado de matrices de precodificación se diseñe de acuerdo con una norma razonable. La siguiente descripción propone un método para limitar el número de matrices de precodificación para cada rango a un número predeterminado o menor utilizando las siguientes normas.

20 Primera norma (norma 1): Distancia cordal

Segunda norma (norma 2): Referencia que indica si las matrices de precodificación se seleccionan uniformemente de grupos individuales. Si el número de matrices/vectores de precodificación en un libro de códigos no se divide por el número de grupos, las matrices de precodificación se seleccionan de la manera más uniforme teniendo en cuenta la primera norma (norma 1).

25 La norma antes mencionada se puede aplicar igualmente no solo al rango 3, sino también al rango 4 que se describirá posteriormente.

30 De forma más detallada, una forma de realización de la presente invención propone un método para seleccionar el conjunto de matrices de precodificación a partir de un libro de códigos sobre un rango específico utilizando la norma 1. En una primera etapa, utilizando la ecuación 42 se calcula una distancia cordal sobre todos los pares de matrices de precodificación contenidos en un único libro de códigos. Por ejemplo, si hay cuatro conjuntos de libros de códigos, la siguiente expresión puede representar cuatro valores de distancia cordal mínimos.

35 [Expresión]

$$d_{c,min}^1 = 1, d_{c,min}^2 = 0,56, d_{c,min}^3 = 0,71 \text{ y } d_{c,min}^4 = 1$$

40 En la anterior expresión, cuanto mayor sea el valor de  $d_{c,min}^i$  (donde i es un número de conjunto de libros de códigos), mayor será el rendimiento del sistema. Así, es preferible que el primer y el cuarto libros de códigos pasen a una etapa de selección sucesiva.

45 En una segunda etapa, para soportar una variedad de entornos de canales inalámbricos, la presente invención propone un método para seleccionar con la mayor uniformidad las matrices de precodificación para cada grupo. Por ejemplo, de acuerdo con el método propuesto de la presente invención, si hay tres grupos de libros de códigos y se requieren 16 matrices de precodificación como libro de códigos de rango 2, se seleccionan 5 matrices de precodificación de dos grupos, y se seleccionan 6 matrices de precodificación del grupo restante. Por ejemplo, de acuerdo con el método propuesto de la presente invención, se seleccionan 5 matrices de precodificación de los primeros dos grupos, y se seleccionan 6 matrices de precodificación del último grupo. Una forma de realización de la presente invención puede considerar un método para limitar alfabetos de cada matriz de precodificación según se ha descrito anteriormente, en el cual, por ejemplo, un alfabeto "X" se puede limitar a  $X = 1, j, -1, \text{ ó } -j$ . La siguiente descripción ilustra libros de códigos 4Tx de rango 2, ejemplificativos, que se pueden configurar por medio de las etapas anteriores.

55





Conjunto de libros de códigos de rango 2 12-1

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ j & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \\ j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -j & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & j \\ j & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ j & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \end{bmatrix}$$

5 Los libros de códigos antes mencionados que se muestran en la tabla 1 se dan a conocer únicamente con fines ilustrativos, y puede aplicarse una permutación de filas y/o permutación de columnas a la totalidad o parte de las matrices de precodificación.

10 Si el libro de códigos 4Tx de rango 2 incluye 15 matrices de precodificación, se puede quitar una matriz de precodificación de un grupo para seleccionar el mayor número de matrices de precodificación entre grupos de matrices de precodificación individuales. La siguiente descripción muestra libros de códigos ejemplificativos 4Tx de rango 2 configurados mediante los esquemas antes mencionados.

15 [Tabla 2]

Conjunto de libros de códigos de rango 2 1-2

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & j \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -j & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ j & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -j & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \\ -j & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ j & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ j & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ -j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & j \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$$

20 Conjunto de libros de códigos de rango 2 2-2

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -j & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ j & 0 \\ 0 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -j & 0 \\ 0 & j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 0 & j \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \\ -j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \\ 0 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \\ 0 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \\ 0 & -j \end{bmatrix}$$

25 Conjunto de libros de códigos de rango 2 3-2

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -j & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & j \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ -j & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -j & 0 \\ 0 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ j & 0 \\ 0 & j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$



Conjunto de libros de códigos de rango 2 9-2

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & j \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \\ j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ j & 0 \\ 0 & j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ j & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -j & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ -j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$$

5 Conjunto de libros de códigos de rango 2 10-2

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -j & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \\ -j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ j & 0 \\ 0 & 1 \\ j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 0 & j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -j & 0 \\ 0 & j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$

10 Conjunto de libros de códigos de rango 2 11-2

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -j & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ j & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \\ -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ j & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \\ 0 & j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ -j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ -j & 0 \end{bmatrix}$$

Conjunto de libros de códigos de rango 2 12-2

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \\ j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \\ 0 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \\ j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ j & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ j & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 0 & j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \end{bmatrix}$$

Los libros de códigos mostrados en la tabla 2 se dan también a conocer únicamente con fines ilustrativos, pudiéndose llevar a cabo la permutación de filas y/o la permutación de columnas sobre la totalidad o parte de las matrices de precodificación de los libros de códigos.

Rango 3 – Primera forma de realización

Para diseñar el libro de códigos 4Tx de rango 3 con el fin de mantener unas buenas propiedades de CM, se considera que se utilizan los siguientes tres grupos de matrices de precodificación. Por comodidad descriptiva, en la presente memoria se omitirá el factor relacionado con el equilibrado de potencia.

[Ecuación 44]

Grupo 1

$$\left( \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ X & 0 & -X \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & Y & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ X & 0 & -X \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & -Y & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & X & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ Y & 0 & -Y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & -X & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ Y & 0 & -Y \end{bmatrix} \right)_{X, Y \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}} \right\}}$$

Grupo 2

$$\left( \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ X & 0 & -X \\ 0 & Y & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ X & 0 & -X \\ 0 & -Y & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & X & 0 \\ Y & 0 & -Y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & -X & 0 \\ Y & 0 & -Y \end{bmatrix} \right)_{x,y \in \left\{1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}\right\}}$$

5

Grupo 3

$$\left( \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & Y & 0 \\ X & 0 & -X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & -Y & 0 \\ X & 0 & -X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ Y & 0 & -Y \\ 0 & X & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ Y & 0 & -Y \\ 0 & -X & 0 \end{bmatrix} \right)_{x,y \in \left\{1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}\right\}}$$

10 En el caso del rango 3, la presente invención propone un método para construir un libro de códigos de acuerdo con las anteriormente mencionadas norma 1 y norma 2 de la misma manera que en el rango 2. De forma más detallada, se calcula una distancia cordal sobre todas las combinaciones de matrices de precodificación disponibles en un libro de códigos utilizando la ecuación 42, y a continuación puede seleccionarse un número mínimo de conjuntos que tienen, cada uno de ellos, una distancia cordal máxima. Adicionalmente, la presente invención propone un método para seleccionar con la mayor uniformidad la matriz de precodificación de cada grupo (Grupo 1, 2, ó 3). Si el carácter indicado por un componente de matriz de precodificación de cada grupo se restringe (1, j, -1, -j), puede obtenerse el siguiente libro de códigos que puede cumplir una distancia cordal mínima  $d_c = 0,707$ .

15

[Tabla 3]

20

Conjunto de libros de códigos de rango 3 1-1

$$\left( \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ j & 0 & -j \\ 0 & j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & j & 0 \\ j & 0 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & -j & 0 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & -j & 0 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \right)$$

25

Conjunto de libros de códigos de rango 3 2-1

$$\left( \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ j & 0 & -j \\ j & 0 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & -j & 0 \\ 0 & j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ j & 0 & -j \\ 0 & j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \right)$$

30

Conjunto de libros de códigos de rango 3 3-1

$$\left( \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ j & 0 & -j \\ 0 & j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ j & 0 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & -j & 0 \\ j & 0 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & -j & 0 \\ j & 0 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \right)$$





Conjunto de libros de códigos de rango 3 7-2

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ j & 0 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ j & 0 & -j \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & j & 0 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & -j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & -j & 0 \end{bmatrix}$$

5

Conjunto de libros de códigos de rango 3 8-2

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ j & 0 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ j & 0 & -j \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & -j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ j & 0 & -j \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ j & 0 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & -j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & j & 0 \end{bmatrix}$$

10 Debe indicarse que la permutación de filas y/o la permutación de columnas se pueden llevar a cabo sobre la totalidad o parte de las matrices de precodificación anteriores que se muestran en la tabla 4.

Rango 3 – Segunda forma de realización

15 En una forma de realización de la presente invención, se describirá en adelante un método para construir un libro de códigos utilizando 6 grupos de matrices de precodificación con capacidad de mantener unas buenas propiedades de CM. Los 6 grupos de matrices de precodificación 4Tx de rango 3 para mantener buenas propiedades de CM se pueden representar por la siguiente ecuación 45.

20 [Ecuación 45]

$$\text{Grupo 1 } \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ x & 0 & 0 \end{bmatrix}, \text{ Grupo 2 } \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ x & 0 & 0 \end{bmatrix}, \text{ Grupo 3 } \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ x & 0 & 0 \end{bmatrix}, \text{ Grupo 4 } \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ x & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{Grupo 5 } \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ x & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \text{ Grupo 6 } \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ x & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

25

donde  $X \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$ .

30 En la siguiente tabla 5 se muestra un ejemplo de libro de códigos de rango 3 que incluye 24 matrices de precodificación de 6 grupos mostrados en la ecuación 45. Para reducir la complejidad, en el ejemplo que se muestra en la tabla 5, los caracteres indicados por elementos de la matriz de precodificación se limitan a 1, -j, -1 y -j.

[Tabla 5]

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ j & 0 & 0 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -j & 0 & 0 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ j & 0 & 0 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -j & 0 & 0 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ j & 0 & 0 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -j & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

5 Para otro ejemplo, la presente invención propone un método para utilizar los grupos restantes diferentes al cuarto grupo (Grupo 4) generado mediante la aplicación de permutación de columnas a un primer grupo (Grupo 1) entre la totalidad de grupos que se muestran en la ecuación 45. En general, si tres vectores columna se representan por [c1, c2, c3], pueden generarse 5 matrices de permutación de columnas tales como [c1, c3, c2], [c2, c1, c3], [c2, c3, c1], [c3, c2, c1] y [c3, c1, c2], pudiéndose obtener así 6 matrices.

10 La razón por la que no se utiliza la matriz de permutación de vectores específica según se ha descrito anteriormente, es que se mapea una secuencia codificada con un vector columna específico (o una capa específica) de la matriz de precodificación. Se supone que se mapean dos palabras de código codificadas independientemente en los grupos de matrices de precodificación antes mencionados con capas diferentes según se describe a continuación.

- 15 (1) Se mapea una primera palabra de código con una primera capa.
- 20 (2) Una segunda palabra de código se distribuye uniformemente y se mapea la misma con una segunda y una tercera capas.

25 Considerando que se utiliza el mapeado anterior de palabras de código-capas, una permutación de columnas específica no genera una diferencia en la SINR promedio entre palabras de código diferentes. Por ejemplo, la permutación de un vector columna [c1, c2, c3] a otro vector columna [c1, c3, c2] puede indicar que solamente se intercambia una capa de una segunda palabra de código. De esta manera, el intercambio entre dos capas en las cuales está distribuida uniformemente la misma segunda palabra de código y con las cuales se ha mapeado dicha misma segunda palabra de código no provoca una variación en el rendimiento. Para sistemas que utilizan receptores de SIC, la correcta descodificación de una palabra de código bajo una transmisión de una pluralidad de palabras de código deriva en mejoras en el rendimiento. Esto es debido a que, una vez que se descodifica correctamente una palabra de código, la información de la palabra de código descodificada correctamente se puede utilizar para cancelar interferencias de capas espaciales. En caso de que la potencia de transmisión de múltiples antenas se normalice de manera uniforme, algunos vectores columna de la matriz de precodificación pueden presentar una potencia de transmisión mayor. En caso de que no se produzca cambio/permutación de capas entre todas las capas de transmisión, una capa específica correspondiente al vector columna de la matriz de precodificación cuyos vectores columna tienen la mayor potencia de transmisión puede presentar el mejor rendimiento. En caso de que no se produzca ningún cambio/permutación de capas sobre todas las capas transmitidas, para utilizar al completo los receptores de SIC, se mapea la primera capa, con la cual se había mapeado solamente la primera palabra de código, con el vector columna de la matriz de precodificación que presente la mayor potencia de transmisión, y se mapea la segunda palabra de código, de la cual se había mapeado con la segunda y la tercera capas, con columnas de vectores de precodificación que presentan la potencia de transmisión relativamente menor en comparación con la primera capa. En caso de que se utilice el mapeado anterior de palabras de código-capas, pueden utilizarse las matrices de precodificación que se muestra en la [Ecuación 46] para mejorar adicionalmente el rendimiento cuando se utiliza el algoritmo de receptores de cancelación sucesiva de interferencias (SIC).

45 [Ecuación 46]

$$\text{Grupo 1 } \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ x & 0 & 0 \end{bmatrix}, \text{ Grupo 2 } \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ x & 0 & 0 \end{bmatrix}, \text{ Grupo 3 } \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ x & 0 & 0 \end{bmatrix}, \text{ Grupo 4, } \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ x & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \text{ Grupo 5 } \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ x & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

donde  $x \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$

Los siguientes libros de código son libros de códigos 4Tx de rango 3 ejemplificativos, cada uno de los cuales limita los caracteres contenidos en cada uno de los grupos de matrices de precodificación anteriores a 1, j, -1, y -j, e incluye 20 matrices de precodificación.

5

[Tabla 6]

$$\begin{matrix}
 \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ j & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -j & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ j & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -j & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 \\
 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ j & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ -j & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ j & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -j & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ j & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 \\
 \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
 \end{matrix}$$

10 Al mismo tiempo, de acuerdo con otra forma de realización de la presente invención, el número de matrices de precodificación necesario para obtener un rendimiento óptimo a partir de un rango elevado es menor que el número de matrices de precodificación necesario para obtener un rendimiento óptimo a partir de un rango bajo, de manera que la presente invención puede limitar el libro de códigos de rango 3 de modo que tenga un número por debajo de 24 matrices de precodificación. En este caso, la presente invención puede seleccionar uniformemente las matrices de precodificación de entre 6 grupos de matrices de precodificación utilizando la norma 2.

15

[Tabla 7]

$$\begin{matrix}
 \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ j & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -j & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 \\
 \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -j & 0 \end{bmatrix} \\
 \\
 \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -j \end{bmatrix}
 \end{matrix}$$

20 Tal como puede apreciarse a partir del ejemplo de la tabla 7, si se multiplica  $e^{j\theta}$  por un vector columna específico, la permutación de columnas en una matriz de precodificación no tiene influencia sobre la mejora del rendimiento, de manera que el número de matrices de precodificación contenidas en un libro de códigos se limita a 12. Al mismo tiempo, de acuerdo con una forma de realización de la presente invención, puede llevarse a cabo una permutación de antenas para obtener una ventaja de selección de antenas. Esta permutación de antenas también se puede implementar mediante permutación de filas de una matriz de precodificación contenida en el libro de códigos antes mencionado.

25

Rango 3 – Tercera forma de realización

30 En la tercera forma de realización de la presente invención, se supone que los siguientes 6 grupos de matrices de precodificación se consideran como matrices de precodificación con capacidad de mantener un buen rendimiento de CM.

35 [Ecuación 47]

Grupo 1 
$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ x & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & x & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & x \end{bmatrix}$$

$$\begin{array}{l}
 \text{Grupo 2} \quad \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ X & 0 & 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & X & 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X \end{bmatrix} \\
 \text{Grupo 3} \quad \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ X & 0 & 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & X & 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & X \end{bmatrix} \\
 \text{Grupo 5} \quad \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ X & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & X & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & X \end{bmatrix} \\
 \text{Grupo 6} \quad \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ X & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & X & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & X \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 \text{Grupo 4} \quad \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & X & 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & X \end{bmatrix}
 \end{array}$$

donde  $X \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$

5 En el caso de un primer grupo (Grupo 1) en la ecuación 47, puede observarse que se seleccionan tres matrices de permutación de entre [c1, c3, c2], [c2, c1, c3], [c2, c3, c1], [c3, c2, c1] y [c3, c1, c2]. En caso de un cuarto grupo (Grupo 4), puede observarse que se excluye una matriz de precodificación integrante, debido a que la matriz de precodificación excluida ya se ha incluido en un primer grupo (Grupo 1). Es preferible que la tercera forma de realización se utilice cuando no se lleve a cabo una operación de cambio de capas. La tercera forma de realización puede implementar un cambio de capas utilizando un libro de códigos que incluye un conjunto de matrices de precodificación sobre el cual se lleva a cabo una permutación de columnas. Así, se puede mapear una secuencia de información con todas las capas, de manera que la diferencia de SINR entre capas puede normalizarse.

10 La tercera forma de realización puede seleccionar una matriz de precodificación utilizando la primera norma (norma 1) y la segunda norma (norma 2).

15 Rango 3 – Cuarta forma de realización

La cuarta forma de realización considera los siguientes tres grupos como grupos de matrices de precodificación para mantener unas buenas propiedades de CM.

20 [Ecuación 48]

$$G1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & a \\ X & 0 & b \\ 0 & 1 & c \\ 0 & Y & d \end{bmatrix}, \quad G2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & a' \\ 0 & 1 & b' \\ X & 0 & c' \\ 0 & Y & d' \end{bmatrix}, \quad G3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & a'' \\ 0 & 1 & b'' \\ 0 & Y & c'' \\ X & 0 & d'' \end{bmatrix}$$

25 donde  $X, Y \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$

$$\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} a' \\ b' \\ c' \\ d' \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} a'' \\ b'' \\ c'' \\ d'' \end{bmatrix}$$

Los últimos vectores de entre los grupos de matrices de precodificación mostrados en la ecuación 48 pueden ser matrices de precodificación diferentes tales como vectores/matrices de precodificación basados en DFT o vectores/matrices de precodificación domésticos (*house hold*). Por ejemplo, un ejemplo de estos últimos vectores puede ser un libro de códigos de rango 1 del sistema LTE del 3GPP (Sistema versión 8). Preferentemente, con el fin

de mantener características unitarias parciales/ortogonales de la matriz  $\begin{bmatrix} 1 & 0 & a \\ X & 0 & b \\ 0 & 1 & c \\ 0 & Y & d \end{bmatrix}$ , las matrices  $\begin{bmatrix} 1 & a \\ X & b \end{bmatrix}$  y  $\begin{bmatrix} 1 & c \\ Y & d \end{bmatrix}$  deben

cumplir características unitarias. De manera similar, las matrices  $\begin{bmatrix} 1 & a' \\ X & c' \end{bmatrix}$  y  $\begin{bmatrix} 1 & b' \\ Y & d' \end{bmatrix}$  de la matriz  $\begin{bmatrix} 1 & 0 & a' \\ 0 & 1 & b' \\ X & 0 & c' \\ 0 & Y & d' \end{bmatrix}$  y las matrices

$$\begin{bmatrix} 1 & a'' \\ X & d'' \end{bmatrix} \text{ y } \begin{bmatrix} 1 & b'' \\ Y & c'' \end{bmatrix} \text{ de la matriz } \begin{bmatrix} 1 & 0 & a' \\ 0 & 1 & b' \\ 0 & Y & c' \\ X & 0 & d' \end{bmatrix} \text{ deben cumplir características unitarias.}$$

Esto significa que los parámetros deben cumplir la siguiente relación.

5 [Ecuación 49]

- En el Grupo 1:  $a = 1, b = -X, y c = -d \cdot Y^*$
- En el Grupo 2:  $a' = 1, b' = -X, y c' = -d' \cdot Y^*$
- En el Grupo 3:  $a'' = 1, b'' = -X, y c'' = -d'' \cdot Y^*$

10 En este caso, aunque una cierta constante compleja se multiplica por cada vector columna de una matriz de precodificación específica, esto significa que los resultados multiplicados indican la misma matriz de precodificación, de manera que se supone que a, a', o a'' se fija a 1.

15 Preferentemente, la cuarta forma de realización se puede aplicar a un caso en el que se ejecuta una permutación de capas. La operación de permutación de capas indica que se mapea cíclicamente una secuencia de información específica y la misma se transmite a todas las capas, de modo que las diferencias del rendimiento de SNR de capas individuales se normalizan. Si se utiliza la misma potencia en capas diferentes, la secuencia de datos de la última capa correspondiente a la última columna que no tiene un valor de 0 presenta la potencia más alta desde el punto de vista de una señal de salida de precodificación.

20 En caso de que no se utilice la permutación de capas y se use un algoritmo de receptor de SIC mejorado, la capa con la que se mapea la primera palabra de código debería corresponderse preferentemente con la columna del vector de precodificación cuya potencia de transmisión es relativamente mayor que otras columnas de vectores de precodificación. En el caso de la [Ecuación 48], la tercera columna puede presentar una potencia de transmisión mayor que las otras. Para casos en los que se mapea la primera columna con la primera capa, se mapea la segunda columna con la segunda capa, y se mapea la tercera columna con la tercera capa, puede utilizarse la [Ecuación 48a] en lugar de la [Ecuación 48]. Esta estructura de matrices de precodificación permitirá un rendimiento mejorado en caso de que no se utilice ninguna permutación de capas y se utilice el receptor de SIC, debido al aumento de la probabilidad de descodificación correcta de una palabra de código completa, dada a una transmisión de una pluralidad de palabras de código.

[Ecuación 48a]

35 
$$G_1 = \begin{bmatrix} a & 0 & 1 \\ b & 0 & X \\ c & 1 & 0 \\ d & Y & 0 \end{bmatrix}, G_2 = \begin{bmatrix} a' & 0 & 1 \\ b' & 1 & 0 \\ c' & 0 & X \\ d' & Y & 0 \end{bmatrix}, G_3 = \begin{bmatrix} a'' & 0 & 1 \\ b'' & 1 & 0 \\ c'' & 0 & X \\ d'' & Y & 0 \end{bmatrix}$$

donde  $X, Y \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$

Rango 3 – Quinta forma de realización

40 En la quinta forma de realización, se supone que, como grupos de matrices de precodificación para mantener un buen rendimiento de CM, se usan los siguientes grupos que se muestran en la ecuación 50.

[Ecuación 50]

45 
$$G_1 = \begin{pmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & a \\ X & 0 & b \\ 0 & 1 & c \\ 0 & Y & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & a \\ 0 & X & b \\ 0 & c \\ 0 & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a & 0 & 1 \\ b & 0 & X \\ c & 1 & 0 \\ d & Y & 0 \end{bmatrix} \\ G_2 = \begin{pmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & a' \\ X & 0 & b' \\ 0 & Y & d' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & a' \\ 0 & X & b' \\ 0 & c' \\ 0 & d' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a' & 0 & 1 \\ b' & 1 & 0 \\ c' & 0 & X \\ d' & Y & 0 \end{bmatrix} \\ G_3 = \begin{pmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & a'' \\ 0 & 1 & b'' \\ 0 & Y & c'' \\ X & 0 & d'' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & a'' \\ 0 & b'' \\ 0 & c'' \\ 0 & X & d'' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a'' & 0 & 1 \\ b'' & 1 & 0 \\ c'' & Y & 0 \\ d'' & 0 & X \end{bmatrix} \end{pmatrix}$$

donde  $X, Y \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$

Los grupos de matrices de precodificación mostrados en la ecuación 50 están compuestos por una pluralidad de matrices de precodificación que se obtienen cuando se lleva a cabo una permutación de filas o permutación de

$$\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a' \\ b' \\ c' \\ d' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a'' \\ b'' \\ c'' \\ d'' \end{bmatrix}$$

columnas sobre la estructura de la cuarta forma de realización. Los vectores columna de los grupos de matrices de precodificación mostrados en la ecuación 50 pueden ser diferentes matrices de precodificación, tales como vectores/matrices de precodificación basados en DFT o vectores/matrices de precodificación domésticos. Por ejemplo, un ejemplo de los anteriores vectores columna puede ser un libro de códigos de rango 1 del sistema LTE del 3GPP (Sistema versión 8).

De forma similar a la cuarta forma de realización, en la quinta forma de realización es preferible que los vectores de las matrices de precodificación sean ortogonales entre sí, y que los elementos diferentes a un primer valor de 0 en todos los vectores columna de cada grupo de matrices de precodificación se fijen a 1.

Un libro de códigos de acuerdo con la quinta forma de realización incluye una matriz de precodificación generada cuando se lleva a cabo una permutación de columnas sobre las matrices de precodificación de la cuarta forma de realización. Tal como se ha descrito anteriormente, la matriz de precodificación que tiene un vector columna [c1, c2, c3] puede tener 6 matrices de precodificación con permutación de columnas, tales como [c1, c3, c2], [c2, c1, c3], [c2, c3, c1], [c3, c2, c1], [c3, c1, c2], y [c3, c1, c2].

La razón por la que no se incluye una permutación de columnas específica es que las permutaciones de segundas y terceras columnas de la matriz de precodificación en un sistema en el que se mapea una primera palabra de código con una primera capa y se distribuye una segunda palabra de código y se mapea la misma con una segunda y una tercera capas, no provoca una diferencia en el rendimiento.

Rango 3 – Sexta forma de realización

Una matriz de precodificación de acuerdo con la sexta forma de realización se configura en un formato que se obtiene cuando se lleva a cabo una permutación de filas sobre una matriz de precodificación de libro de códigos que se muestra en la cuarta forma de realización, ya que la matriz de precodificación de la sexta forma de realización puede obtenerse mediante conmutación de antenas.

Los grupos de matrices de precodificación de acuerdo con la sexta forma de realización se pueden representar mediante la siguiente ecuación 51.

[Ecuación 51]

$$G1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & a & X & 0 & b & 0 & 1 & c & 0 & Y & d & 1 & 0 & a & 1 & 0 & a & 1 & 0 & a \\ X & 0 & b & 1 & 0 & a & X & 0 & b & X & 0 & b & 0 & 1 & c & 0 & Y & d & X & 0 & b \\ 0 & 1 & c & 0 & 1 & c & 1 & 0 & a & 0 & 1 & c & X & 0 & b & 0 & 1 & c & 0 & Y & d \\ 0 & 0 & Y & d & 0 & Y & d & 0 & Y & d & 1 & 0 & a & 0 & Y & d & X & 0 & b & 0 & 1 & c \end{pmatrix}$$

$$G2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & a & 0 & 1 & b & X & 0 & c & 0 & Y & d & 1 & 0 & a & 1 & 0 & a & 1 & 0 & a \\ 0 & 1 & b & 1 & 0 & a & 0 & 1 & b & 0 & 1 & b & X & 0 & c & 0 & Y & d & 0 & 1 & b \\ X & 0 & c & X & 0 & c & 1 & 0 & a & X & 0 & c & 0 & 1 & b & X & 0 & c & 0 & Y & d \\ 0 & 0 & Y & d & 0 & Y & d & 0 & Y & d & 1 & 0 & a & 0 & Y & d & 0 & 1 & b & X & 0 & c \end{pmatrix}$$

$$G3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & a & 0 & 1 & b & 0 & Y & c & X & 0 & d & 1 & 0 & a & 1 & 0 & a & 1 & 0 & a \\ 0 & 1 & b & 1 & 0 & a & 0 & 1 & b & 0 & 1 & b & 0 & Y & c & X & 0 & d & 0 & 1 & b \\ 0 & Y & c & 0 & Y & c & 1 & 0 & a & 0 & Y & c & 0 & 1 & b & 0 & Y & c & X & 0 & d \\ X & 0 & d & X & 0 & d & X & 0 & d & 1 & 0 & a & X & 0 & d & 0 & 1 & b & 0 & Y & c \end{pmatrix}$$

$$X, Y \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$$

[Ecuación 51]

$$\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a' \\ b' \\ c' \\ d' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a'' \\ b'' \\ c'' \\ d'' \end{bmatrix}$$

Los vectores columna o sus formatos de permutación de filas pueden ser diferentes matrices de precodificación, tales como vectores/matrices de precodificación basados en DFT o vectores/matrices de precodificación domésticos. Por ejemplo, un ejemplo de los anteriores vectores columna puede ser un libro de códigos de rango 1 del sistema LTE del 3GPP (Sistema versión 8).

De manera similar a la cuarta forma de realización, en la sexta forma de realización, es preferible que los vectores columna de la matriz de precodificación sean ortogonales entre sí y que los elementos  $a$ ,  $a'$ , o  $a''$  se fijen a 1. Mediante la siguiente ecuación 52 puede representarse un ejemplo de libro de códigos de acuerdo con la sexta forma de realización.

5

[Ecuación 52]

$$G1' = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ X & 0 & -X \\ 0 & 1 & c \\ 0 & Y & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X & 0 & -X \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & c \\ 0 & Y & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & c \\ X & 0 & -X \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & Y & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & Y & d \\ X & 0 & -X \\ 0 & 1 & c \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & c \\ X & 0 & -X \\ 0 & Y & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & Y & d \\ 0 & 1 & c \\ X & 0 & -X \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ X & 0 & -X \\ 0 & Y & d \\ 0 & 1 & c \end{bmatrix}$$

$$G2' = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & b' \\ X & 0 & -X \\ 0 & Y & d' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & b' \\ 1 & 0 & 1 \\ X & 0 & -X \\ 0 & Y & d' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X & 0 & -X \\ 0 & 1 & b' \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & Y & d' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & Y & d' \\ X & 0 & -X \\ 0 & 1 & b' \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ X & 0 & -X \\ 0 & 1 & b' \\ 0 & Y & d' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & Y & d' \\ 0 & 1 & b' \\ X & 0 & -X \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & b' \\ 0 & Y & d' \\ X & 0 & -X \end{bmatrix}$$

$$G3' = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & b'' \\ 0 & Y & c'' \\ X & 0 & -X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & b'' \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & Y & c'' \\ X & 0 & -X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & Y & c'' \\ 0 & 1 & b'' \\ 1 & 0 & 1 \\ X & 0 & -X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X & 0 & -X \\ 0 & 1 & b'' \\ 0 & Y & c'' \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & Y & c'' \\ 0 & 1 & b'' \\ X & 0 & -X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ X & 0 & -X \\ 0 & Y & c'' \\ 0 & 1 & b'' \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & b'' \\ X & 0 & -X \\ 0 & Y & c'' \end{bmatrix}$$

10 donde  $X, Y \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$

Rango 3 – Séptima forma de realización

15 Un libro de códigos de acuerdo con la séptima forma de realización se configura en un formato de permutación de filas de libro de códigos según se muestra en la quinta forma de realización. Un ejemplo de libro de códigos de acuerdo con la séptima forma de realización puede representarse mediante la siguiente ecuación 53.

[Ecuación 53]

$$G1 = \begin{pmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & a \\ X & 0 & b \\ 0 & 1 & c \\ 0 & Y & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X & 0 & b \\ 1 & 0 & a \\ 0 & 1 & c \\ 0 & Y & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & c \\ X & 0 & b \\ 0 & 1 & c \\ 1 & 0 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & Y & d \\ X & 0 & b \\ 0 & 1 & c \\ 1 & 0 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & a \\ 0 & 1 & c \\ X & 0 & b \\ 0 & Y & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & a \\ X & 0 & b \\ 0 & 1 & c \\ 0 & Y & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & a \\ X & 0 & b \\ 0 & 1 & c \\ 0 & Y & d \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} 0 & 1 & a \\ 0 & X & b \\ 1 & 0 & c \\ Y & 0 & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & X & b \\ 0 & 1 & a \\ 1 & 0 & c \\ Y & 0 & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & c \\ 0 & X & b \\ 0 & 1 & a \\ 0 & 1 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y & 0 & d \\ 0 & X & b \\ 1 & 0 & c \\ Y & 0 & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & a \\ 0 & 1 & a \\ 0 & 1 & a \\ 0 & 1 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & a \\ 0 & X & b \\ Y & 0 & d \\ 0 & X & b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & a \\ 0 & X & b \\ 1 & 0 & c \\ 0 & X & b \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} a & 0 & 1 \\ b & 0 & X \\ c & 1 & 0 \\ d & Y & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b & 0 & X \\ a & 0 & 1 \\ c & 1 & 0 \\ d & Y & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c & 1 & 0 \\ b & 0 & X \\ a & 0 & 1 \\ a & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d & Y & 0 \\ b & 0 & X \\ c & 1 & 0 \\ d & Y & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a & 0 & 1 \\ c & 1 & 0 \\ b & 0 & X \\ a & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a & 0 & 1 \\ d & Y & 0 \\ c & 1 & 0 \\ b & 0 & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a & 0 & 1 \\ d & Y & 0 \\ b & 0 & X \\ c & 1 & 0 \end{bmatrix} \end{pmatrix}$$

$$G2 = \begin{pmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & a' \\ 0 & 1 & b' \\ X & 0 & c' \\ 0 & Y & d' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & b' \\ X & 0 & c' \\ 0 & Y & d' \\ 0 & 1 & b' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X & 0 & c' \\ 1 & 0 & a' \\ 0 & Y & d' \\ 1 & 0 & a' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & Y & d' \\ X & 0 & c' \\ 0 & 1 & b' \\ 0 & 1 & b' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & a' \\ X & 0 & c' \\ 0 & 1 & b' \\ 0 & 1 & b' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & a' \\ 0 & 1 & b' \\ X & 0 & c' \\ 0 & Y & d' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & a' \\ 0 & 1 & b' \\ X & 0 & c' \\ 0 & Y & d' \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} 0 & 1 & a' \\ 1 & 0 & b' \\ 0 & X & c' \\ Y & 0 & d' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & b' \\ 0 & 1 & a' \\ 0 & X & c' \\ Y & 0 & d' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & X & c' \\ 1 & 0 & a' \\ 0 & X & c' \\ 0 & 1 & a' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y & 0 & d' \\ 0 & X & c' \\ 1 & 0 & b' \\ Y & 0 & d' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & a' \\ 0 & 1 & a' \\ 0 & 1 & a' \\ 0 & 1 & a' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & a' \\ 0 & 1 & a' \\ 0 & 1 & a' \\ 0 & 1 & a' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & a' \\ 0 & 1 & a' \\ 0 & 1 & a' \\ 0 & 1 & a' \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} a' & 0 & 1 \\ b' & 1 & 0 \\ c' & 0 & X \\ d' & Y & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b' & 1 & 0 \\ a' & 0 & 1 \\ c' & 0 & X \\ d' & Y & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c' & 0 & X \\ b' & 1 & 0 \\ a' & 0 & 1 \\ a' & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d' & Y & 0 \\ c' & 0 & X \\ d' & Y & 0 \\ b' & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a' & 0 & 1 \\ a' & 0 & 1 \\ a' & 0 & 1 \\ a' & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a' & 0 & 1 \\ a' & 0 & 1 \\ a' & 0 & 1 \\ a' & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a' & 0 & 1 \\ a' & 0 & 1 \\ a' & 0 & 1 \\ a' & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{pmatrix}$$

$$G3 = \begin{pmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & a'' \\ 0 & 1 & b'' \\ 0 & Y & c'' \\ X & 0 & d'' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & b'' \\ 0 & Y & c'' \\ X & 0 & d'' \\ 1 & 0 & a'' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X & 0 & d'' \\ 1 & 0 & a'' \\ 0 & Y & c'' \\ 1 & 0 & a'' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & Y & c'' \\ X & 0 & d'' \\ 0 & 1 & b'' \\ 0 & 1 & b'' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & a'' \\ X & 0 & d'' \\ 0 & 1 & b'' \\ 0 & 1 & b'' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & a'' \\ X & 0 & d'' \\ 0 & 1 & b'' \\ 0 & 1 & b'' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & a'' \\ X & 0 & d'' \\ 0 & 1 & b'' \\ 0 & 1 & b'' \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} 0 & 1 & a'' \\ 1 & 0 & b'' \\ 0 & X & d'' \\ Y & 0 & c'' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & b'' \\ 0 & 1 & a'' \\ 0 & X & d'' \\ Y & 0 & c'' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & X & d'' \\ 1 & 0 & a'' \\ 0 & X & d'' \\ 0 & 1 & a'' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y & 0 & c'' \\ 0 & X & d'' \\ 1 & 0 & b'' \\ Y & 0 & c'' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & a'' \\ 0 & 1 & a'' \\ 0 & 1 & a'' \\ 0 & 1 & a'' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & a'' \\ 0 & 1 & a'' \\ 0 & 1 & a'' \\ 0 & 1 & a'' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & a'' \\ 0 & 1 & a'' \\ 0 & 1 & a'' \\ 0 & 1 & a'' \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} a'' & 0 & 1 \\ b'' & 1 & 0 \\ c'' & Y & 0 \\ d'' & 0 & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b'' & 1 & 0 \\ a'' & 0 & 1 \\ c'' & Y & 0 \\ d'' & 0 & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c'' & Y & 0 \\ b'' & 1 & 0 \\ a'' & 0 & 1 \\ a'' & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d'' & 0 & X \\ c'' & Y & 0 \\ d'' & 0 & X \\ b'' & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a'' & 0 & 1 \\ a'' & 0 & 1 \\ a'' & 0 & 1 \\ a'' & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a'' & 0 & 1 \\ a'' & 0 & 1 \\ a'' & 0 & 1 \\ a'' & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a'' & 0 & 1 \\ a'' & 0 & 1 \\ a'' & 0 & 1 \\ a'' & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{pmatrix}$$

5

donde  $X, Y \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$ .

$$\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a' \\ b' \\ c' \\ d' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a'' \\ b'' \\ c'' \\ d'' \end{bmatrix}$$

Los vectores columna o sus formatos de permutación de filas pueden ser diferentes matrices de precodificación, tales como vectores/matrices de precodificación basados en DFT o vectores/matrices de precodificación domésticos. Por ejemplo, un ejemplo de los anteriores vectores columna puede ser un libro de códigos de rango 1 del sistema LTE de 3GPP (Sistema versión 8).

De forma similar a la cuarta forma de realización, en la séptima forma de realización, es preferible que los vectores columna de la matriz de precodificación sean ortogonales entre sí y que los elementos a, a' o a'' se fijen a 1. Es preferible que el libro de códigos de acuerdo con esta forma de realización se utilice cuando no se lleva a cabo una permutación de antenas, ya que el efecto de permutación de antenas puede obtenerse por medio de la matriz de precodificación en la cual se lleva a cabo la permutación de filas cuando se utiliza el libro de códigos de la séptima forma de realización.

Un ejemplo del libro de códigos de acuerdo con la séptima forma de realización se puede representar mediante la siguiente ecuación 54.

[Ecuación 54]

$$G1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & X & 0 & -X & 0 & 1 & c & 0 & Y & d & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ X & 0 & -X & 1 & 0 & 1 & X & 0 & -X & X & 0 & -X & 0 & 1 & c & 0 & Y & d & X & 0 & -X & X & 0 & -X \\ 0 & 1 & c & 0 & 1 & c & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & c & X & 0 & -X & 0 & 1 & c & 0 & Y & d & X & 0 & -X \\ 0 & Y & d & 0 & Y & d & 0 & Y & d & 1 & 0 & 1 & 0 & Y & d & X & 0 & -X & 0 & 1 & c & X & 0 & -X \\ 0 & 1 & 1 & 0 & X & -X & 1 & 0 & c & Y & 0 & d & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & X & -X & 0 & 1 & 1 & 0 & X & -X & 0 & X & -X & 1 & 0 & c & Y & 0 & d & 0 & X & -X & X & 0 & -X \\ 1 & 0 & c & 1 & 0 & c & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & c & 0 & X & -X & 1 & 0 & c & Y & 0 & d & X & 0 & -X \\ Y & 0 & d & Y & 0 & d & Y & 0 & d & 0 & 1 & 1 & Y & 0 & d & 0 & X & -X & 1 & 0 & c & X & 0 & -X \end{bmatrix}$$

$$G2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & -X & 0 & X & c & 1 & 0 & d & Y & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ -X & 0 & X & 1 & 0 & 1 & -X & 0 & X & -X & 0 & X & c & 1 & 0 & d & Y & 0 & -X & 0 & X & X & 0 & -X \\ c & 1 & 0 & c & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & c & 1 & 0 & -X & 0 & X & c & 1 & 0 & d & Y & 0 & X & 0 & -X \\ d & Y & 0 & d & Y & 0 & d & Y & 0 & 1 & 0 & 1 & d & Y & 0 & -X & 0 & X & c & 1 & 0 & X & 0 & -X \end{bmatrix}$$

$$G3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & b' & X & 0 & -X & 0 & Y & d' & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & b' & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & b' & 0 & 1 & b' & X & 0 & -X & 0 & Y & d' & 0 & 1 & b' & X & 0 & -X \\ X & 0 & -X & X & 0 & -X & 1 & 0 & 1 & X & 0 & -X & 0 & 1 & b' & X & 0 & -X & 0 & Y & d' & X & 0 & -X \\ 0 & Y & d' & 0 & Y & d' & 0 & Y & d' & 1 & 0 & 1 & 0 & Y & d' & 0 & 1 & b' & X & 0 & -X & X & 0 & -X \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & b' & 0 & X & -X & Y & 0 & d' & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & b' & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & b' & 1 & 0 & b' & 0 & X & -X & Y & 0 & d' & 1 & 0 & b' & X & 0 & -X \\ 0 & X & -X & 0 & X & -X & 0 & 1 & 1 & 0 & X & -X & 1 & 0 & b' & 0 & X & -X & Y & 0 & d' & X & 0 & -X \\ Y & 0 & d' & Y & 0 & d' & Y & 0 & d' & 0 & 1 & 1 & Y & 0 & d' & 1 & 0 & b' & 0 & X & -X & X & 0 & -X \end{bmatrix}$$

$$G4 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & b' & 0 & Y & c' & X & 0 & -X & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & b' & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & b' & 0 & 1 & b' & 0 & Y & c' & X & 0 & -X & 0 & 1 & b' & X & 0 & -X \\ 0 & Y & c' & 0 & Y & c' & 1 & 0 & 1 & 0 & Y & c' & 0 & 1 & b' & 0 & Y & c' & X & 0 & -X & X & 0 & -X \\ X & 0 & -X & X & 0 & -X & X & 0 & -X & 1 & 0 & 1 & X & 0 & -X & 0 & 1 & b' & 0 & Y & c' & X & 0 & -X \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & b' & Y & 0 & c' & 0 & X & d' & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & b' & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & b' & 1 & 0 & b' & Y & 0 & c' & 0 & X & -X & 1 & 0 & b' & X & 0 & -X \\ Y & 0 & c' & Y & 0 & c' & 0 & 1 & 1 & Y & 0 & c' & 1 & 0 & b' & Y & 0 & c' & 0 & X & -X & X & 0 & -X \\ 0 & X & -X & 0 & X & -X & 0 & X & -X & 0 & 1 & 1 & 0 & X & -X & 1 & 0 & b' & Y & 0 & c' & X & 0 & -X \end{bmatrix}$$

5

donde  $X, Y \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$

Referencia para seleccionar matriz de precodificación adicional

10 Además de la norma 1 y la norma 2, esta forma de realización está diseñada para considerar otra norma. En esta norma, los elementos indicados por caracteres contenidos en cada grupo de matrices de precodificación no se seleccionan de entre 8 valores, sino que se limitan a 1, j, -1 y -j, reduciéndose así el número de matrices de precodificación contenidas en un libro de códigos.

15 De acuerdo con esta forma de realización, se considera un conjunto de libros de códigos que incluye 16 matrices de precodificación. Por ejemplo, vectores DFT de rango 1 sobre antenas 4Tx se pueden representar de la manera siguiente.

20 Una matriz DFT de N x N (o Matriz de Fourier)  $F_N$  basada en un componente dado, tal como  $F_N = e^{-j2\pi nN}$  normalizado a  $1/\sqrt{N}$  se puede representar mediante la siguiente ecuación 55.

[Ecuación 55]

$$F_N = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & F_N^1 & F_N^2 & \dots & F_N^{N-1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1 & F_N^{(N-1)} & F_N^{2(N-1)} & \dots & F_N^{(N-1)(N-1)} \end{bmatrix}$$

25



Si un UE está configurado para usar el modo de transmisión X-ésimo, el UE puede utilizar información de PMI de rango 1. Es preferible que se definan de nuevo  $2^n$  PMIs de rango 1 (donde  $n < m$ ) para reducir el número de bits requeridos para la señalización. Se puede usar una variedad de métodos (1), (2), (3), (4), (5) y (6) para reducir el número de bits de señalización.

- 5 (1) Método 1  
Si es posible, se selecciona un índice enésimo par.
- 10 (2) Método 2  
Si es posible, se selecciona un índice enésimo impar.
- 15 (3) Método 3  
Se seleccionan  $2^n$  índices iniciales.
- (4) Método 4  
20 Se seleccionan los últimos  $2^n$  índices.
- (5) Método 5  
Se seleccionan índices arbitrariamente.
- 25 (6) Método 6  
La construcción se obtiene por señalización.
- 30 Por ejemplo, para el modo de transmisión Y-ésimo, pueden darse 33 matrices de precodificación para el rango 1, 15 matrices de precodificación pueden darse para el rango 2, pueden darse 15 matrices de precodificación para el rango 3, y pueden darse 4 matrices de precodificación para el rango 4.
- 35 En este caso, puede utilizarse una variedad de métodos (1), (2), (3), (4), (5), y (6) para construir el libro de códigos de rango 1 utilizado para indicar solamente 16 matrices de precodificación.
- (1) Método 1  
Si es posible, se selecciona un índice enésimo par.
- 40 (2) Método 2  
Si es posible, se selecciona un índice enésimo impar.
- 45 (3) Método 3  
Se seleccionan 16 índices iniciales.
- (4) Método 4  
50 Se seleccionan los últimos 16 índices.
- (5) Método 5  
Se seleccionan índices arbitrariamente.
- 55 (6) Método 6  
La construcción se obtiene mediante señalización.
- 60 Al mismo tiempo, puede utilizarse una variedad de métodos (1), (2), (3) y (4) para construir el libro de códigos de rango 1 utilizado para indicar solamente 32 matrices de precodificación.
- (1) Método 1  
65 Se seleccionan los 32 índices iniciales.

(2) Método 2

Se seleccionan los últimos 32 índices.

5

(3) Método 3

Se seleccionan índices arbitrariamente.

10

(4) Método 4

La construcción se obtiene por señalización.

Si en el libro de códigos de rango 1 que incluye 32 matrices de precodificación están contenidos 16 vectores de rango 1 de enlace descendente, pueden utilizarse los siguientes métodos de restricción (I) y (II).

El método de restricción (I) se corresponde con un caso para construir el libro de códigos de rango 1 de tamaño 16, y en adelante en la presente memoria se ofrecerá una descripción detallada del mismo.

20 A) Se seleccionan 16 vectores de rango 1 de enlace descendente.

B) Se selecciona el libro de códigos de rango 1 de tamaño 16 para independencia de los vectores de rango 1 de enlace descendente.

- 25
- (1) Se seleccionan los 16 índices iniciales.
  - (2) Se seleccionan los últimos 16 índices.
  - (3) Se seleccionan arbitrariamente índices.
  - (4) La construcción se obtiene por señalización.

30 El otro método de restricción (II) se corresponde con otro caso para construir el libro de códigos de rango 1 de tamaño 32, y en adelante en la presente memoria se ofrecerá una descripción detallada del mismo.

A) Selección de 16 vectores de rango 1 de enlace descendente + vectores adicionales.

- 35
- (1) Se seleccionan los 16 índices iniciales.
  - (2) Se seleccionan los últimos 16 índices.
  - (3) Se seleccionan arbitrariamente índices.
  - (4) La construcción se obtiene por señalización.

40 B) Selección del libro de códigos de rango 1 de tamaño 32 con independencia de los vectores de rango 1 de enlace descendente.

- 45
- (1) Se seleccionan los 32 índices iniciales.
  - (2) Se seleccionan los últimos 32 índices.
  - (3) Se seleccionan índices arbitrariamente.
  - (4) La construcción se obtiene por señalización.

El número de libros de códigos para cada rango se puede construir de manera eficaz de acuerdo con los esquemas antes mencionados.

50

### III. Configuración del aparato

El capítulo III dará a conocer en adelante una estructura mejorada destinada a estar contenida en un UE, en donde la estructura mejorada puede mantener unas buenas propiedades de PAPR o de CM aunque simultáneamente aplicando el esquema MIMO a la transmisión de señales de enlace ascendente.

55

La figura 10 es un diagrama de bloques que ilustra una estación base (BS) general y un equipo de usuario (UE) general.

60 En referencia a la figura 10, una estación base (BS) 10 incluye un procesador 11, una memoria 12, y un módulo de radiofrecuencia (RF) 13. El módulo de RF 13 se utiliza como módulo de transmisión/recepción para recibir una señal de enlace ascendente y transmitir una señal de enlace descendente. El procesador 11 puede controlar la transmisión de señales de enlace descendente utilizando información de transmisión de señales de enlace descendente (por ejemplo, una matriz de precodificación específica contenida en un libro de códigos para transmisión de señales de enlace descendente) almacenada en la memoria 12. Alternativamente, como proceso inverso del proceso de precodificación, el procesador 11 puede controlar un proceso de recepción de señales

65

multiplicando información de recepción de señales de enlace ascendente (por ejemplo, una señal de enlace ascendente) almacenada en la memoria 12 por una matriz hermítica de la misma matriz de precodificación que la matriz de precodificación utilizada en el UE 20.

5 El UE 20 puede incluir un procesador 21, una memoria 22, y un módulo de RF 23 utilizado como módulo de transmisión/recepción para transmitir una señal de enlace ascendente y recibir una señal de enlace descendente. El procesador 21 puede controlar la transmisión de señales de enlace ascendente utilizando información de transmisión de señales de enlace ascendente (por ejemplo, una matriz de precodificación específica contenida en el libro de códigos antes mencionado para transmisión de señales de enlace ascendente) almacenada en la memoria 22. Alternativamente, como proceso inverso del proceso de precodificación, el procesador 21 puede controlar un proceso de recepción de señales multiplicando información de recepción de señales de enlace descendente (por ejemplo, una señal de enlace descendente) almacenada en la memoria 22, por una matriz Hermítica de la misma matriz de precodificación que la matriz de precodificación utilizada en el UE 20.

15 Mientras tanto, se describirá en la presente memoria una exposición detallada con relación al procesador del UE 20 (o la BS 10), particularmente, una estructura para transmitir una señal utilizando el esquema SC-FDMA. A continuación se describirán en la presente memoria un procesador para transmitir una señal sobre la base del esquema SC-FDMA en el sistema LTE del 3GPP y un procesador para transmitir una señal sobre la base de un esquema OFDM en el sistema LTE del 3GPP, y a continuación se describirá posteriormente un procesador para posibilitar que un UE transmita una señal de enlace ascendente utilizando el esquema SC-FDMA así como el esquema MIMO.

Las figuras 11 y 12 ilustran un esquema SC-FDMA para transmitir una señal de enlace ascendente en el sistema LTE del 3GPP y un esquema OFDMA para transmitir una señal de enlace descendente en el sistema LTE del 3GPP.

25 Haciendo referencia a la figura 11, no solamente el UE para transmitir una señal de enlace ascendente sino también la estación base (BS) para transmitir una señal de enlace descendente incluye un convertor de Serie-a-Paralelo 401, un mapeador ("mapper") de subportadoras 403, un módulo de IDFT de M puntos 404, un convertor de Paralelo-a-Serie 405, y similares. No obstante, el UE para transmitir una señal utilizando el esquema SC-FDMA incluye además un módulo de DFT de N puntos 402, y compensa una parte predeterminada de la influencia del procesado de la IDFT del módulo de IDFT de M punto 404, de manera que una señal de transmisión puede presentar características de una sola portadora.

35 La figura 12 muestra la relación entre un diagrama de bloques para un proceso de señales de enlace ascendente prestablecido en la TS 36.211 que incluye la especificación del sistema LTE del 3GPP y un procesador para transmitir una señal utilizando el esquema SC-FDMA. De acuerdo con la TS 36.211, cada UE codifica por aleatorización una señal de transmisión utilizando una secuencia de aleatorización específica para transmitir una señal de enlace ascendente, y la señal codificada por aleatorización se modula de manera que se generan símbolos complejos. Después de esto, se lleva a cabo una precodificación de transformada para realizar un proceso de ensanchamiento por DFT sobre símbolos complejos. Es decir, el precodificador de transformada prestablecido en la TS 36.211 se puede corresponder con un módulo de DFT de N puntos. Después de esto, se puede mapear la señal ensanchada por DFT con un elemento de recurso específico de acuerdo con una regla de mapeado basada en bloques de recursos (RB), por medio de un mapeador de elementos de recursos, y puede reconocerse que esta operación se corresponde con el mapeador de subportadoras mostrado en la figura 11. La señal que se ha mapeado respecto al elemento de recurso se procesa por IFFT o IDFT de M puntos por medio del generador de señales de SC-FDMA, se lleva a cabo una conversión de paralelo-a-serie sobre el resultado procesado por el IDFT o IFFT, y a continuación al resultado de la conversión de P/S se añaden prefijo cíclico (CP).

Al mismo tiempo, la figura 12 muestra además un procesador de una estación base (BS) que se utiliza para recibir una señal la cual se ha recibido en la estación base a través de los procesos antes mencionados.

De esta manera, el procesador para transmisión SC-FDMA en el sistema LTE de 3GPP no incluye una estructura para utilizar el esquema MIMO. Por lo tanto, se describirá en primer lugar el procesador de la BS para transmisión MIMO en el sistema LTE del 3GPP, y a continuación se describirá un procesador para transmitir una señal de enlace ascendente combinando el esquema SC-FDMA con el esquema MIMO que utiliza el procesador de la BS anterior.

La figura 13 es un diagrama de bloques que ilustra un procesador para posibilitar que la estación base (BS) transmita una señal de enlace descendente utilizando el esquema MIMO en el sistema LTE de 3GPP.

60 Una estación base (BS) en el sistema LTE del 3GPP puede transmitir una o más palabras de código por medio de un enlace descendente. Por lo tanto, una o más palabras de código se pueden procesar como símbolos complejos por medio del módulo de codificación por aleatorización 301 y el mapeador de modulación 302 de la misma manera que en la operación de enlace ascendente mostrada en la figura 12. Después de esto, se mapean los símbolos complejos con una pluralidad de capas por medio del mapeador de capas 303, y cada capa se multiplica por una matriz de precodificación predeterminada seleccionada de acuerdo con el estado del canal y a continuación la misma se asigna a cada antena de transmisión por medio del módulo de precodificación 304. Se mapean las

señales de transmisión procesadas de antenas individuales con elementos de recursos de tiempo-frecuencia a utilizar para la transmisión de datos por el mapeador de elementos de recursos 305. Después de esto, el resultado que se ha mapeado se puede transmitir por medio de cada antena después de pasar a través del generador de señales de OFDMA 306.

5 No obstante, si en el sistema LTE del 3GPP se utiliza un esquema de señales de enlace descendente que se muestra en la figura 13, las propiedades de PAPR de CM pueden deteriorarse. Por tanto, es necesario que el UE combine de manera eficaz el esquema de SC-FDMA para mantener unas buenas propiedades de PAPR y de CM descritas en las figuras 11 y 12 con el esquema MIMO mostrado en la figura 13, y se debe construir un UE para llevar a cabo una precodificación utilizando la matriz de precodificación que puede mantener buenas propiedades de PAPR y de CM descritas en la forma de realización anterior.

15 De acuerdo con una forma de realización de la presente invención, se considera que un UE para transmitir una señal de enlace ascendente por medio de múltiples antenas (multi-antena) incluye múltiples antenas (no mostradas) para transmitir y recibir señales. En referencia a la figura 10, el UE 20 incluye una memoria 22 para almacenar un libro de códigos, y un procesador 21 que están conectados a múltiples antenas (no mostradas) y la memoria 22 para procesar la transmisión de señales de enlace ascendente. En este caso, el libro de códigos almacenado en la memoria 22 incluye matrices de precodificación establecidas de tal manera que se transmite una única señal de capa a cada una de las múltiples antenas. A continuación se describirá de forma detallada el procesador 21 del UE configurado según se ha descrito anteriormente.

La figura 14 ilustra un procesador del UE de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

25 Haciendo referencia a la figura 14, el procesador del UE 20 de acuerdo con una forma de realización de la presente invención incluye un mapeador de palabras de código a capas 1401 para mapear señales de enlace ascendente con un número predeterminado de capas correspondientes a un rango específico, un número predeterminado de módulos de DFT 1402 para llevar a cabo un ensanchamiento por Transformada Discreta de Fourier (DFT) sobre cada una del número predeterminado de señales de capa, y un precodificador 1403. El precodificador 1403 selecciona una matriz de precodificación específica establecida de tal manera que se transmite una señal de capa a una antena 1405 para precodificar una señal de capa resultante ensanchada por DFT que se ha recibido desde el módulo de DFT 1402. En particular, en esta forma de realización de la presente invención, cada módulo de DFT 1402 lleva a cabo un ensanchamiento de cada señal de capa, este módulo de DFT 1402 para ensanchar cada señal de capa está situado justo antes que el precodificador 1403. Cuando el precodificador 1403 lleva a cabo la precodificación, el precodificador 1403 se configura de tal manera que se mapea cada señal de capa con una antena y a continuación la misma se transmite por medio de la antena mapeada, de modo que se mantienen características de portadora única de cada señal de capa y se mantienen también unas buenas propiedades de PAPR y de CM. Al mismo tiempo, el UE 20 incluye además un módulo de transmisión. El módulo de transmisión lleva a cabo un proceso que construye un símbolo de SC-FDMA sobre la señal precodificada, y transmite la señal precodificada resultante a la estación base (BS) por medio de múltiples antenas 1405.

40 Al mismo tiempo, el precodificador 1403 selecciona una matriz de precodificación a utilizar para la transmisión de señales de entre el libro de códigos almacenado en la memoria 22, y lleva a cabo una precodificación sobre la matriz de precodificación seleccionada. Preferentemente, dichas matrices de precodificación pueden ser matrices de precodificación establecidas para igualar potencias de transmisión de múltiples antenas y/o potencias de transmisión de capas respectivas.

50 El número de múltiples antenas 1405 puede ser 2 ó 4. El procesador del UE de acuerdo con una forma de realización de la presente invención puede llevar a cabo además no solamente una función de cambio de capa para cambiar de manera periódica o aperiódica una capa de la cual se ha mapeado con una palabra de código específica, sino también una función de cambio de antena para cambiar de forma periódica o aperiódica una antena por medio de la cual se transmite una señal de capa específica. La función de cambio de capa la puede llevar a cabo el mapeador de capa 1401 por separado con respecto a la precodificación del precodificador 1403, o también se puede llevar a cabo a través de una permutación de columnas de la matriz de precodificación cuando el precodificador 1403 lleva a cabo la precodificación. Además, la función de cambio de antena también se puede llevar a cabo por separado con respecto a la precodificación del precodificador 1403, o también se puede realizar a través de una permutación de filas de la matriz de precodificación.

60 Las formas de realización ejemplificativas que se han descrito en la presente memoria anteriormente son combinaciones de elementos y características de la presente invención. Los elementos o características se pueden considerar selectivos a no ser que se mencione lo contrario. Cada elemento o característica se puede llevar a la práctica sin combinarse con otros elementos o características. Además, las formas de realización de la presente invención se pueden construir combinando partes de los elementos y/o características. El orden de las operaciones que se describe en las formas de realización de la presente invención se puede disponer de otra manera. Algunas construcciones o características de una forma de realización cualquiera se pueden incluir en otra forma de realización, y se pueden sustituir con construcciones o características correspondientes de otra forma de realización. Resulta evidente que la presente invención se puede materializar mediante una combinación de reivindicaciones que

no presentan una relación citada explícita en las reivindicaciones adjuntas o pueden incluir reivindicaciones nuevas mediante corrección después de la solicitud.

5 Las formas de realización de la presente invención se pueden alcanzar a través de varios medios, por ejemplo, hardware, microprogramas, software, o una combinación de los mismos. En una combinación de hardware, las formas de realización de la presente invención se pueden implementar mediante uno o más circuitos integrados de aplicación específica (ASIC), procesadores de señales digitales (DSP), dispositivos de procesado digital de señales (DSPD), dispositivos lógicos programables (PLD), matrices de puertas programables in situ (FPGA), procesadores, controladores, microcontroladores, microprocesadores, etcétera.

10 En una configuración de microprogramas o software, las formas de realización de la presente invención se pueden obtener mediante un módulo, un procedimiento, una función, etcétera, que lleve a cabo las funciones u operaciones antes descritas. El código de software se puede almacenar en una unidad de memoria y puede ser controlado por un procesador. La unidad de memoria puede estar situada en el interior o exterior del procesador y puede transmitir datos hacia y recibir datos desde el procesador a través de varios medios conocidos.

15 Tal como resulta evidente a partir de la descripción anterior, la presente invención puede mantener propiedades de PAPR o de CM mientras se transmiten señales de enlace ascendente utilizando un esquema MIMO.

20 Además, la presente invención controla o ajusta uniformemente la potencia de transmisión de las antenas/capas, reduce al mínimo la cantidad de tara de señalización necesaria para precodificar información de matrices, y obtiene una ganancia de diversidad máxima.

25 La presente invención es aplicable a un sistema de comunicaciones inalámbricas para móviles de banda ancha.

**REIVINDICACIONES**

1. Método para controlar un equipo de usuario, UE, para transmitir unas señales de enlace ascendente por medio de antenas múltiples, comprendiendo el método:

5 mapear las señales de enlace ascendente respecto a un número predeterminado de capas; estando caracterizado el método por que presenta las etapas siguientes

10 llevar a cabo un ensanchamiento por transformada discreta de Fourier, DFT, sobre cada una del número predeterminado de capas;

15 precodificar cada una de las capas ensanchadas por DFT utilizando una matriz de precodificación específica seleccionada de entre un libro de códigos prealmacenado, en el que el libro de códigos prealmacenado comprende un primer conjunto de libros de códigos utilizados cuando el número de las antenas múltiples es 2 y un segundo conjunto de libros de códigos utilizados cuando el número de las antenas múltiples es 4, en el que el primer conjunto de libros de códigos consiste en un libro de códigos de rango 1 y un libro de códigos de rango 2, en el que el segundo conjunto de libros de códigos consiste en un libro de códigos de rango 1, un libro de códigos de rango 2, un libro de códigos de rango 3 y un libro de códigos de rango 4, en el que cada matriz de precodificación en el primer y el segundo conjuntos de libros de códigos está establecida de manera que cada una de las antenas múltiples transmite únicamente una capa del número predeterminado de capas; y

20 transmitir las señales precodificadas a una estación base, BS, por medio de las antenas múltiples llevando a cabo un proceso predeterminado para construir un símbolo de acceso múltiple por división de frecuencia con portadora única, SC-FDMA, sobre las señales precodificadas.

25 2. Método según la reivindicación 1, en el que la matriz de precodificación específica es una matriz de precodificación establecida de tal manera que las antenas múltiples presentan una potencia de transmisión uniforme entre ellas.

30 3. Método según la reivindicación 1, en el que la matriz de precodificación específica es una matriz de precodificación establecida de tal manera que el número predeterminado de capas presenta una potencia de transmisión uniforme entre ellas.

4. Método según la reivindicación 1, en el que el libro de códigos de rango 2 del segundo conjunto de libros de

35 códigos incluye una matriz de precodificación de un primer tipo que está configurada en forma de  $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ X & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & Y \end{bmatrix}$ , y que

cumple la condición de  $X, Y \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$ , en la que las filas individuales de la matriz de precodificación corresponden respectivamente a cuatro antenas de las antenas múltiples, y las columnas individuales corresponden respectivamente a capas.

40 5. Método según la reivindicación 4, en el que el libro de códigos de rango 2 incluye además una matriz de

precodificación de un segundo tipo configurada en forma de  $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ X & 0 \\ 0 & Y \end{bmatrix}$ , y una matriz de precodificación de un tercer tipo

configurada en forma de  $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & Y \\ X & 0 \end{bmatrix}$ , en la que cada una de la matriz de precodificación del segundo tipo y la matriz de

precodificación del tercer tipo cumple la condición de  $X, Y \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$ .

45 6. Método según la reivindicación 5, en el que el libro de códigos de rango 2 incluye además una o más de una matriz de precodificación generada cuando son cambiadas las posiciones de las filas individuales de las matrices de precodificación del primer al tercer tipo, una matriz de precodificación generada cuando son cambiadas las posiciones de las columnas individuales de las matrices de precodificación del primer al tercer tipo y una matriz de precodificación generada cuando son cambiadas las posiciones de las filas individuales y las columnas individuales de las matrices de precodificación del primer al tercer tipo.

7. Método según la reivindicación 1, en el que el libro de códigos de rango 3 del segundo conjunto de libros de

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ x & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

códigos incluye una matriz de precodificación de primer tipo que está configurada en forma de

5 cumple una condición de  $x \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$ , en la que las filas individuales de la matriz de precodificación corresponden respectivamente a cuatro antenas de las antenas múltiples, y las columnas individuales corresponden respectivamente a las capas.

8. Método según la reivindicación 7, en el que el libro de códigos de rango 3 incluye además una matriz de

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & \gamma & 0 \end{bmatrix}$$

precodificación de segundo tipo configurada en forma de

10 configurada en forma de  $\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & z \end{bmatrix}$ , en la que cada una de la matriz de precodificación de segundo tipo y la matriz de

precodificación de tercer tipo cumple una condición de  $\gamma, z \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$ .

9. Método según la reivindicación 8, en el que el libro de códigos de rango 3 incluye además una o más de una matriz de precodificación generada cuando son cambiadas las posiciones de las filas individuales de las matrices de precodificación del primer al tercer tipo, una matriz de precodificación generada cuando son cambiadas las posiciones de las columnas individuales de las matrices de precodificación del primer al tercer tipo y una matriz de precodificación generada cuando son cambiadas las posiciones de las filas y las columnas individuales de las matrices de precodificación del primer al tercer tipo.

10. Método según la reivindicación 1, en el que el libro de códigos de rango 3 del segundo conjunto de libros de códigos incluye una matriz de precodificación configurada para mapear una primera capa respecto a una primera y una segunda antenas, alternativamente, y de una segunda y una tercera capas respecto a una tercera y una cuarta antenas, respectivamente.

11. Método según la reivindicación 1, en el que el libro de códigos incluye un número diferente de matrices de precodificación para cada rango.

12. Método según la reivindicación 1, en el que cada una de las señales de enlace ascendente se introduce en unidades de una palabra de código, y

mapear las señales de enlace ascendente respecto al número predeterminado de capas incluye cambiar periódicamente una capa respecto a la cual se mapea una palabra de código específica a otra capa.

13. Método según la reivindicación 12, en el que mapear las señales de enlace ascendente respecto al número predeterminado de capas incluye cambiar una capa respecto a la cual se mapea una palabra de código específica a otra capa por símbolo de SC-FDMA.

14. Equipo de usuario, UE, para transmitir señales de enlace ascendente por medio de antenas múltiples, que comprende:

unas antenas múltiples para transmitir y recibir señales; estando caracterizado el equipo de usuario por que presenta

una memoria para almacenar un libro de códigos que comprende un primer conjunto de libros de códigos utilizados cuando el número de las antenas múltiples es 2 y un segundo conjunto de libros de códigos utilizados cuando el número de las antenas múltiples es 4, en el que el primer conjunto de libros de códigos consiste en un libro de códigos de rango 1 y un libro de códigos de rango 2, en el que el segundo conjunto de libros de códigos consiste en un libro de códigos de rango 1, un libro de códigos de rango 2, un libro de códigos de rango 3 y un libro de códigos de rango 4, en el que cada matriz de precodificación en el primer y el segundo conjuntos de libros de códigos está establecida de manera que cada una de las antenas múltiples transmite únicamente una capa del número predeterminado de capas; y

un procesador conectado a las antenas múltiples y a la memoria para procesar la transmisión de las señales de enlace ascendente,

en el que el procesador incluye:

- 5 un mapeador de capas para mapear las señales de enlace ascendente respecto a un número predeterminado de capas correspondientes a un rango específico;
- un módulo de transformada discreta de Fourier, DFT, para llevar a cabo un ensanchamiento por DFT sobre cada una del número predeterminado de capas;
- 10 un precodificador para precodificar cada una de las señales de capa ensanchadas por DFT recibidas desde el módulo de DFT seleccionando una matriz de precodificación específica de entre el libro de códigos almacenado en la memoria; y
- 15 un módulo de transmisión para llevar a cabo un proceso predeterminado con el fin de construir un símbolo de acceso múltiple por división de frecuencia con portadora única, SC-FDMA, sobre las señales precodificadas, y transmitir las señales procesadas a una estación base, BS, por medio de las múltiples antenas.

15. Equipo de usuario, UE, según la reivindicación 14, en el que el libro de códigos de rango 2 del segundo conjunto

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ X & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & Y \end{bmatrix}$$

de libros de códigos incluye una matriz de precodificación de primer tipo que está configurada en forma de

- 20 que cumple una condición de  $X, Y \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$ , en la que las filas individuales de la matriz de precodificación corresponden respectivamente a cuatro antenas de las antenas, y las columnas individuales corresponden respectivamente a las capas.

16. Equipo de usuario, UE, según la reivindicación 15, en el que el libro de códigos de rango 2 incluye además una

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ X & 0 \\ 0 & Y \end{bmatrix}$$

- 25 matriz de precodificación de segundo tipo configurada en forma de

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & Y \\ X & 0 \end{bmatrix}$$

tipo configurada en forma de

precodificación de tercer tipo cumple una condición de  $X, Y \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$ .

- 30 17. Equipo de usuario, UE, según la reivindicación 14, en el que el libro de códigos de rango 3 del segundo conjunto de libros de códigos incluye una matriz de precodificación de primer tipo que está configurada en forma de

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ X & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

, y que cumple una condición de  $X \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$ , en la que las filas individuales de la matriz de precodificación corresponden respectivamente a cuatro antenas de las antenas múltiples, y las columnas individuales corresponden respectivamente a capas.

- 35 18. Equipo de usuario, UE, según la reivindicación 17, en el que el libro de códigos de rango 3 incluye además una

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & Y & 0 \end{bmatrix}$$

matriz de precodificación de segundo tipo configurada en forma de

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & Z \end{bmatrix}$$

tercer tipo configurada en forma de

matriz de precodificación de tercer tipo cumple una condición de  $Y, Z \in \left\{ 1, \frac{1+j}{\sqrt{2}}, j, \frac{1-j}{\sqrt{2}}, -1, \frac{-1-j}{\sqrt{2}}, -j, \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \right\}$ .

FIG. 1

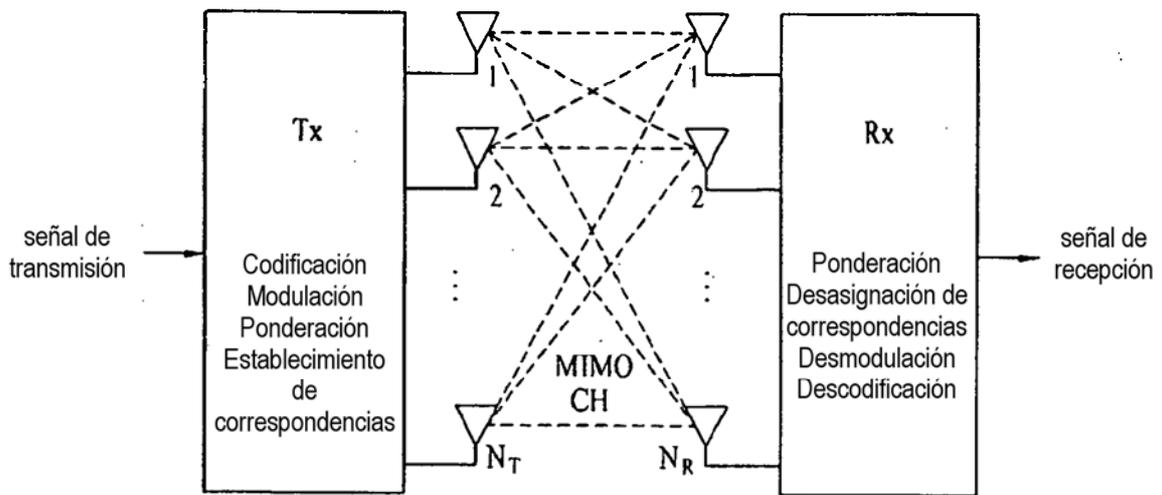


FIG. 2

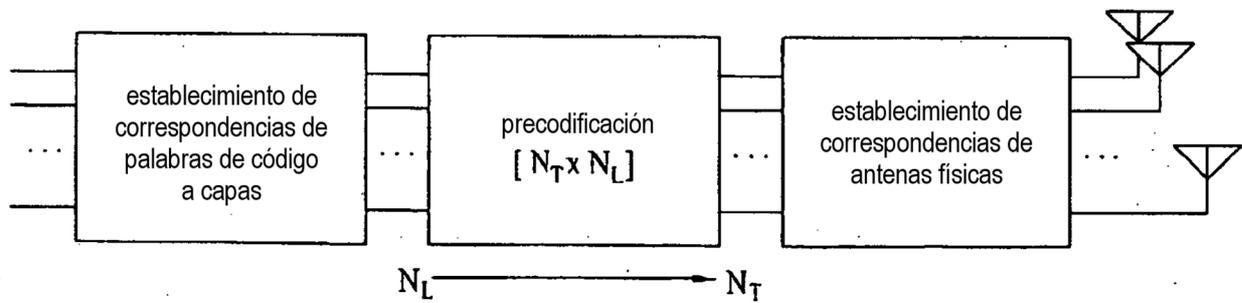


FIG. 3

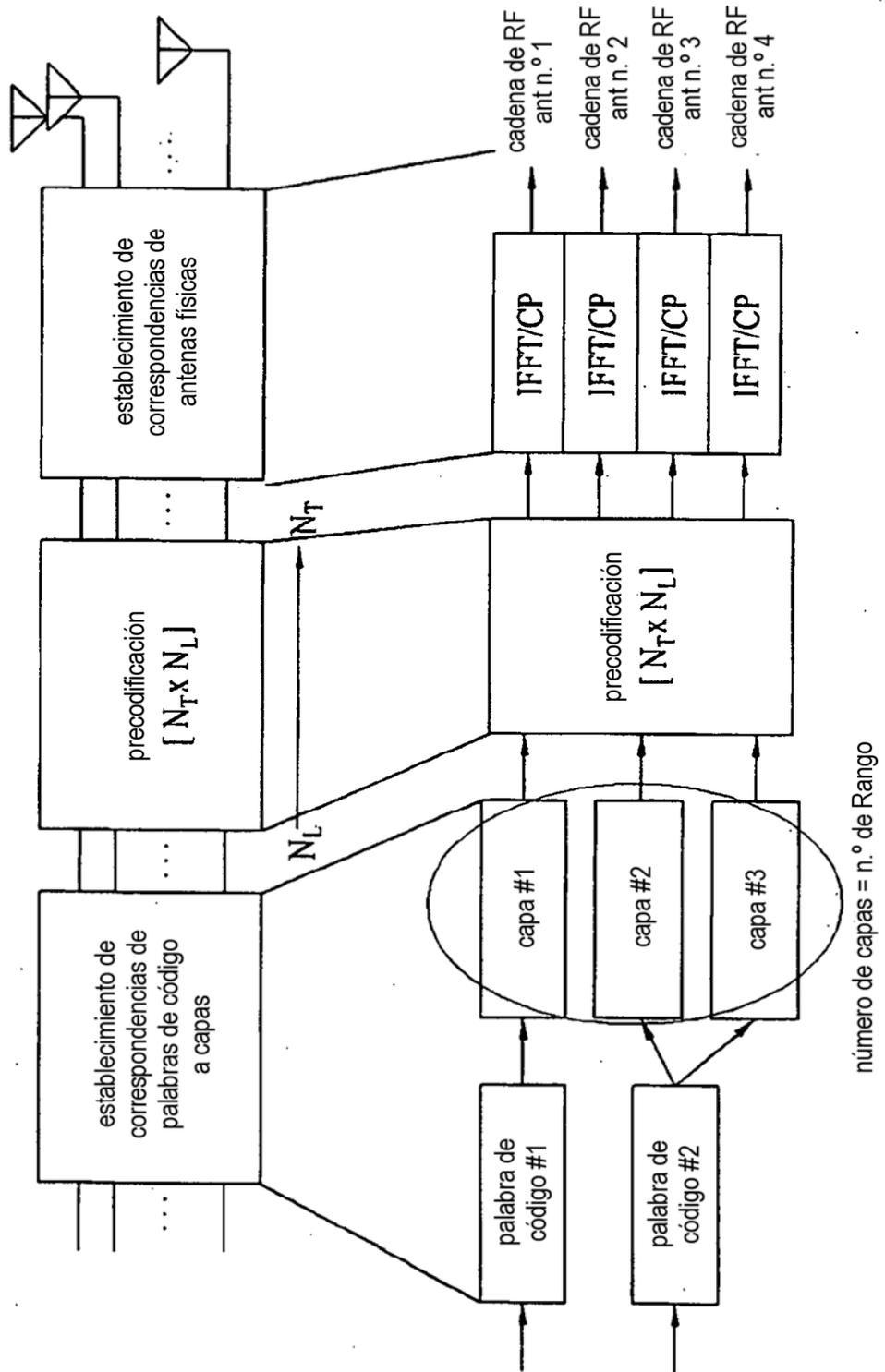


FIG. 4

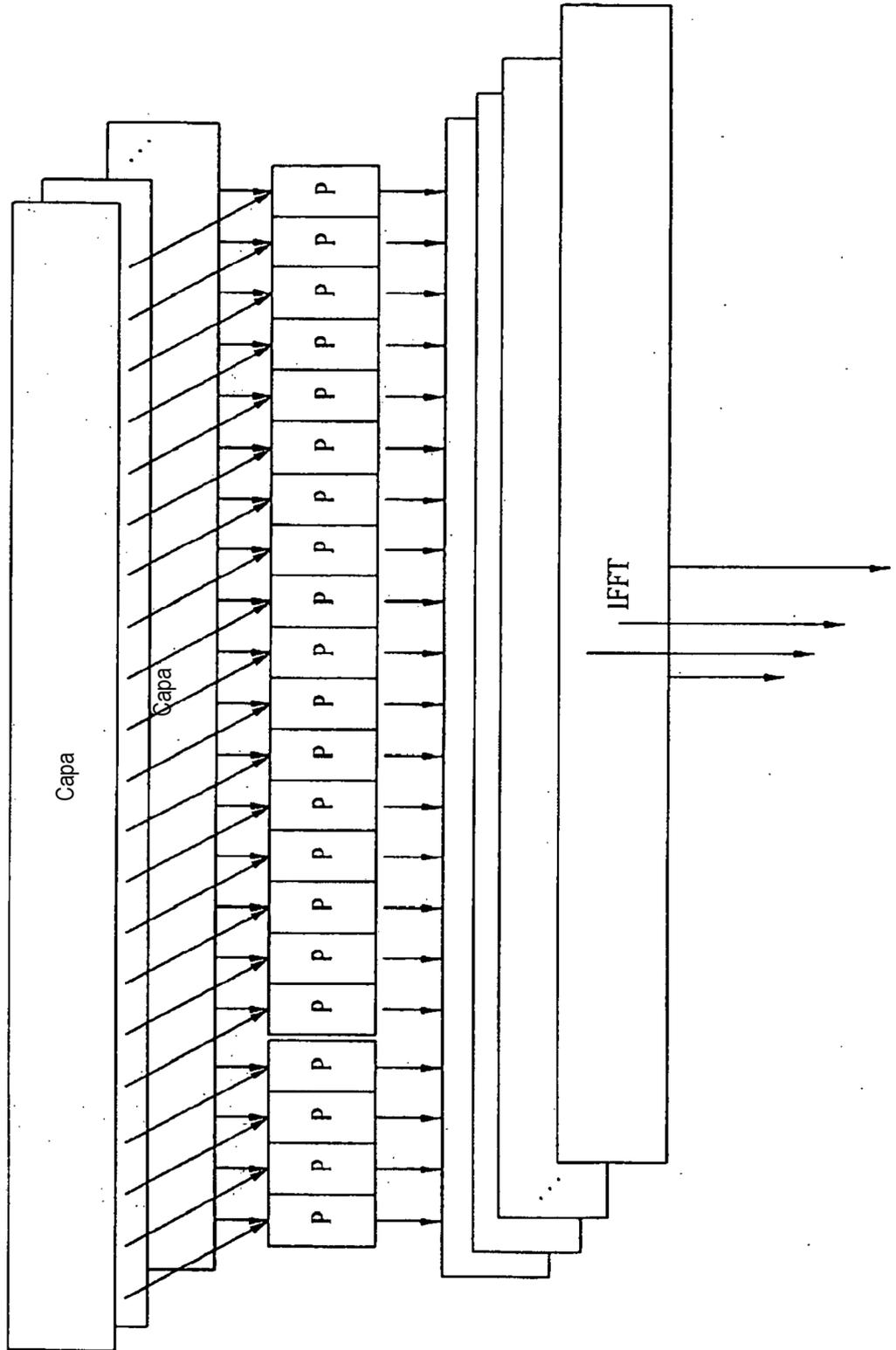
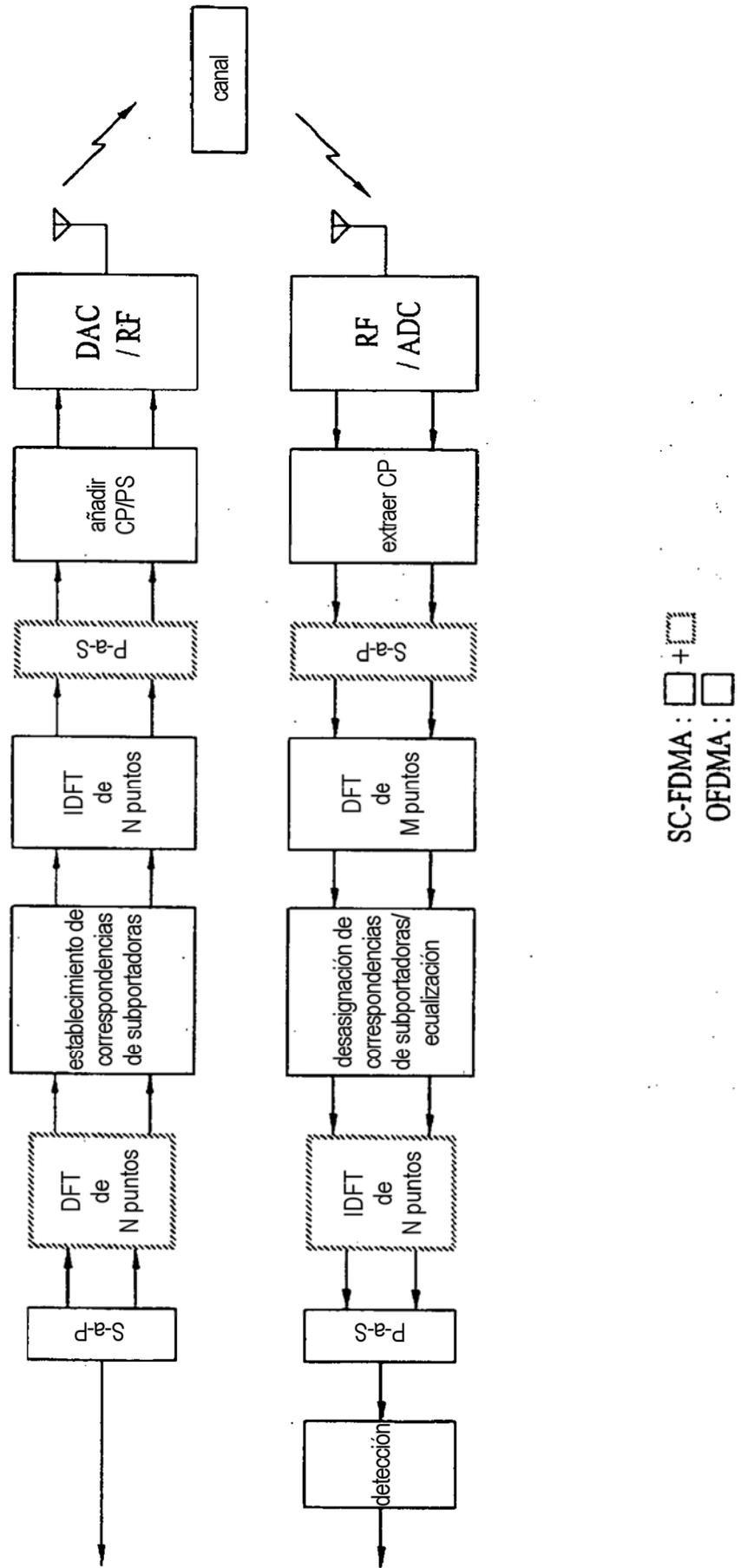
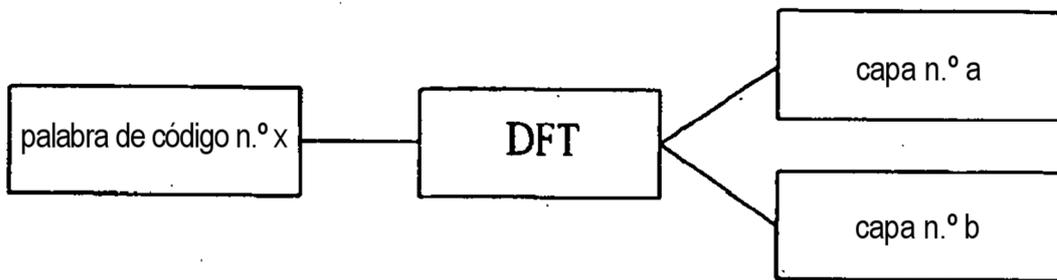


FIG. 5



**FIG. 6**



**FIG. 7**

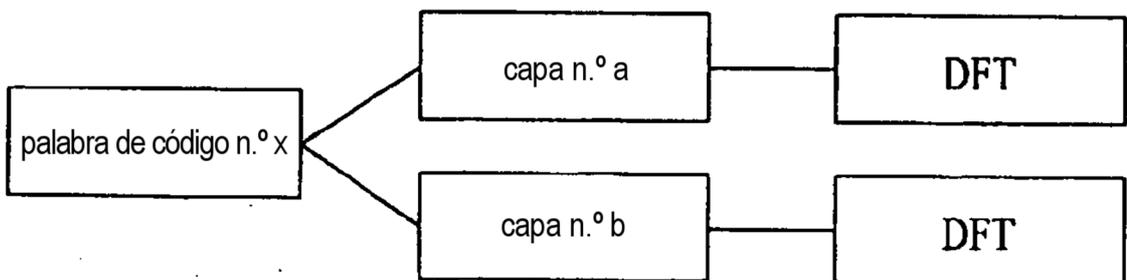
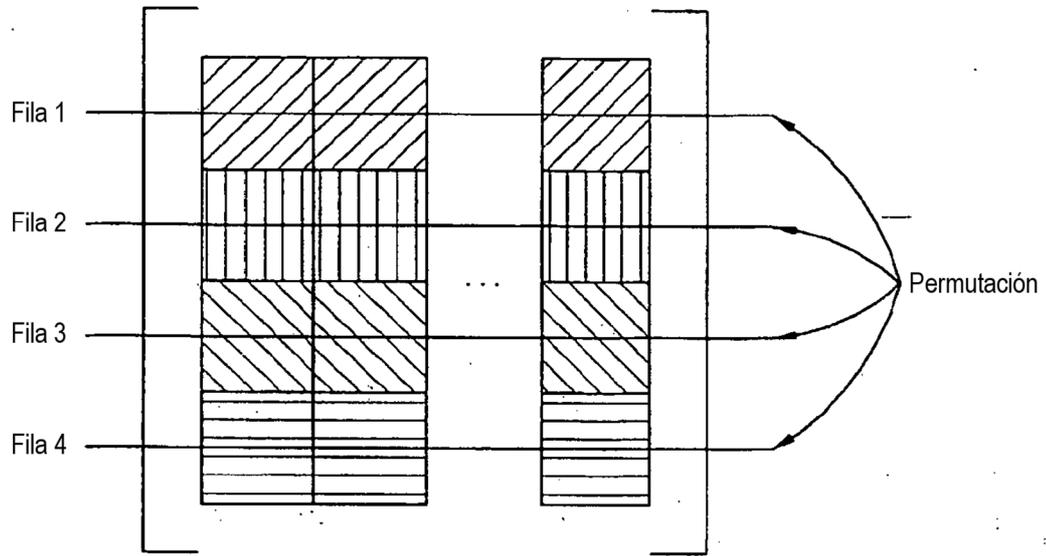
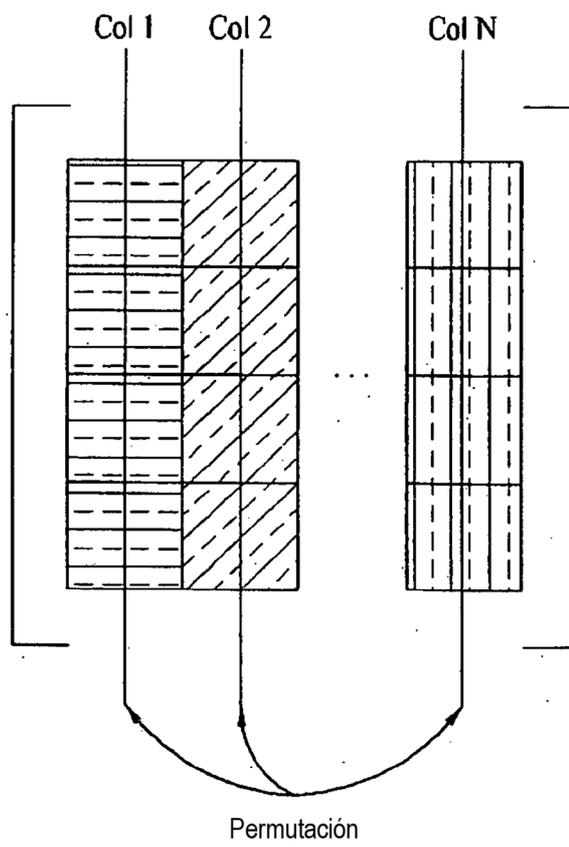


FIG. 8



(a)



(b)

FIG. 9

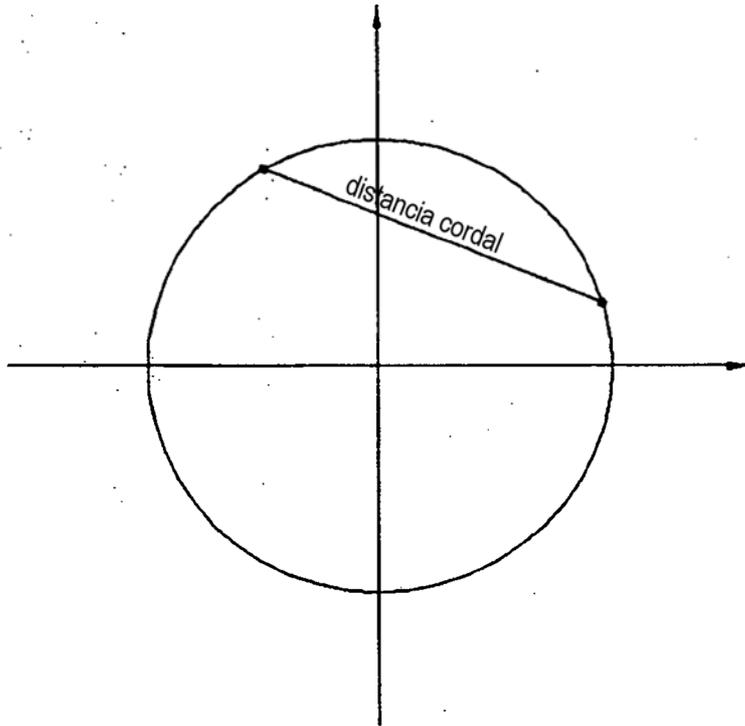


FIG. 10

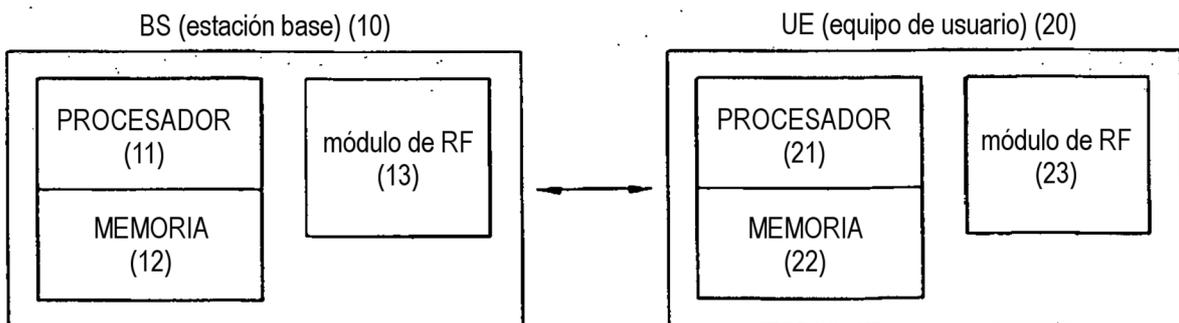


FIG. 11

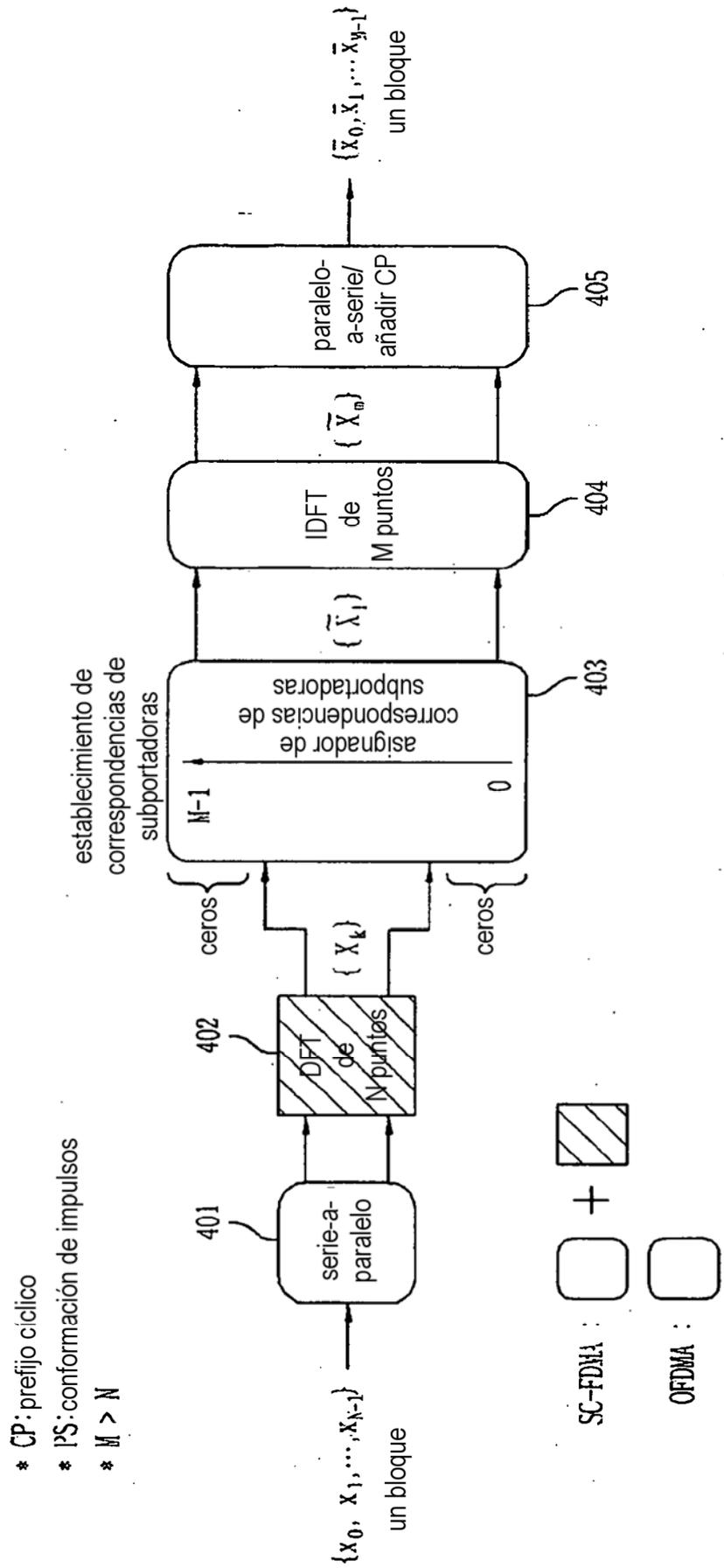


FIG. 12

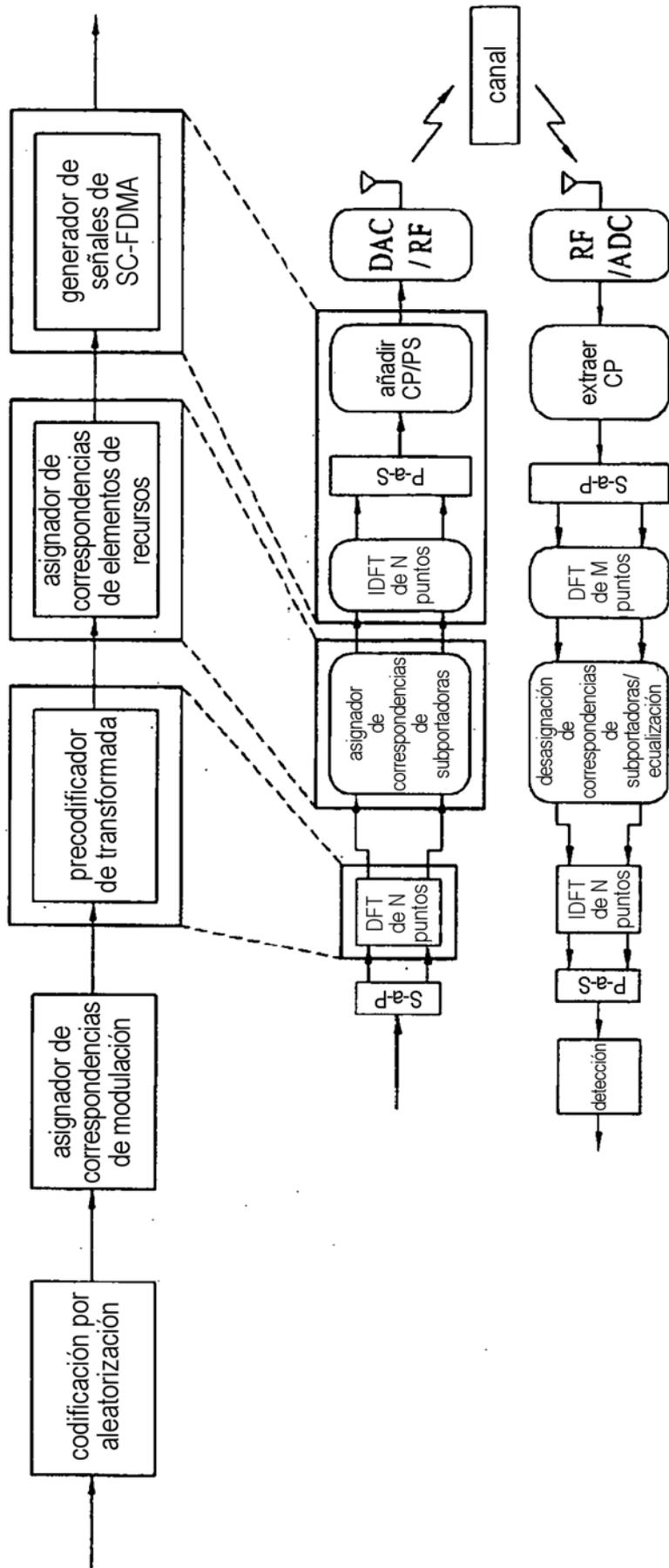


FIG. 13

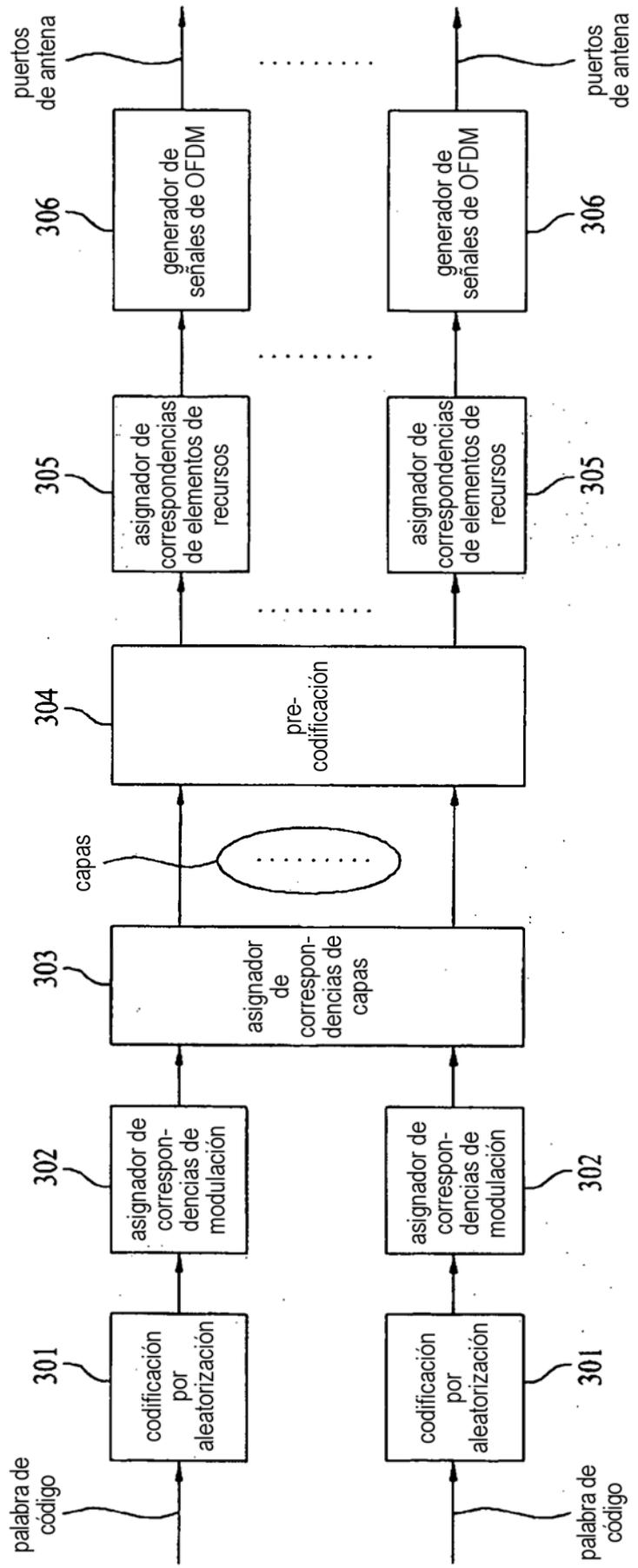


FIG. 14

