

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 712 913**

51 Int. Cl.:

H04B 7/02 (2008.01)

H04B 7/04 (2007.01)

H04L 25/03 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.02.2008 PCT/KR2008/000739**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.08.2008 WO08097035**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.02.2008 E 08712390 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.12.2018 EP 2111695**

54 Título: **Procedimiento de generación de libro de códigos y aparato de generación de un libro de códigos para sistemas de entrada múltiple salida múltiple (MIMO) de múltiple polarización**

30 Prioridad:

06.02.2007 US 899634 P
23.03.2007 KR 20070028878
08.06.2007 US 929032 P
19.09.2007 KR 20070095490

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.05.2019

73 Titular/es:

SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. (100.0%)
129, Samsung-ro, Yeongtong-gu
Suwon-si, Gyeonggi-do, 443-742, KR

72 Inventor/es:

CLERCKX, BRUNO;
ZHOU, YONGXING y
CHUNG, GOO CHUL

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 712 913 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

Procedimiento de generación de libro de códigos y aparato de generación de un libro de códigos para sistemas de entrada múltiple salida múltiple (MIMO) de múltiple polarización

Campo técnico

- 5 Aspectos de la presente invención se refieren a un sistema de entrada múltiple salida múltiple (MIMO) y, más particularmente, a un libro de códigos de matrices de precodificación para su uso en sistemas de MIMO y un procedimiento de generación de un libro de códigos para su uso en tales sistemas de MIMO.

Antecedentes de la técnica

- 10 En la actualidad, se están expandiendo las tecnologías de comunicación inalámbrica para la provisión de una diversidad de servicios multimedia en entornos de comunicación inalámbrica. Se necesita transmisión de datos a alta velocidad para proporcionar servicios multimedia de alta calidad en sistemas de comunicación inalámbrica. Por consiguiente, se han realizado diversas investigaciones para soportar transmisión de datos a alta velocidad en tales sistemas de comunicación inalámbrica. Una propuesta reciente para conseguir una transmisión de datos a alta velocidad se refiere al uso de múltiples antenas tanto en el transmisor como el receptor, conocido como sistemas de entrada múltiple salida múltiple (MIMO).

- 15 La tecnología de MIMO ofrece aumentos significativos en capacidades de canal con recursos de frecuencia limitados y en tasas de transmisión de datos usando múltiples antenas tanto en el transmisor como el receptor. En tales sistemas de MIMO, se usan un número de antenas cuando las condiciones de dispersión son sustanciales, y teóricamente, sistemas de MIMO proporcionan capacidades de canal proporcionales al número de antenas. Tal tecnología de MIMO puede servir como un componente importante de los sistemas de comunicación móvil de próxima generación, tal como Proyecto Común de Tecnologías Inalámbricas de la 3ª Generación (3GPP), Súper 3G (o Evolución a Largo Plazo "LTE" 3G), 3GPP2 y los próximos sistemas 4G, particularmente, para el enlace descendente desde una única estación base a múltiples equipos de usuario.

- 20 Sin embargo, cuando se despliega la tecnología de MIMO, el espacio físico y área para la instalación de antenas puede ser limitado. Sistemas de comunicación usando tecnología de MIMO se afectan enormemente mediante la separación entre antenas. Específicamente, a medida que la separación entre antenas se vuelve más pequeña, puede generarse una mayor correlación entre canales inalámbricos. Particularmente, cuando las antenas tienen la misma polarización, puede generarse una mayor correlación entre canales inalámbricos. La correlación generada entre canales inalámbricos reduce la fiabilidad para comunicación de datos y también reduce tasas de transmisión de datos.

- 25 Por consiguiente, se necesitan diversos procedimientos de uso de la dirección de polarización de antenas para reducir un área de instalación de múltiples antenas y también para aumentar capacidades de canal. Cuando se usan antenas de múltiple polarización en sistemas de MIMO, puede reducirse la correlación entre canales inalámbricos.

- 30 Se necesitan operaciones de codificación, denominadas como una precodificación, para transmitir datos de forma efectiva, a través de canales inalámbricos, en sistemas de MIMO para maximizar el rendimiento y capacidad de sistema. Precodificación representa conformación de haz de múltiples capas en la que se emite una señal de transmisión (datos) desde cada una de las antenas de acuerdo con una regla de precodificación de datos, es decir, ponderación de fase apropiada (y ganancia) de tal forma que la potencia de señal se maximiza en la entrada de receptor y el efecto de desvanecimiento por trayectos múltiples se minimiza. La ponderación puede expresarse en términos de una matriz de precodificación (es decir, un conjunto de vectores de conformación de haz) y se selecciona de un conjunto de matrices de precodificación en un libro de códigos.

- 35 En la actualidad, existen diversos tipos de libros de códigos diseñados para los casos particulares de esquemas de MIMO de única polarización en los que la polarización de antenas es una única polarización. Sin embargo, no se ha ofrecido ningún libro de códigos efectivo en asociación con casos de esquemas de MIMO de múltiple polarización en los que la polarización de antenas es de polarización múltiple. Libros de códigos existentes diseñados para esquemas de MIMO de única polarización no pueden optimizarse para esquemas de MIMO de múltiple polarización. LG ELECTRONICS Y COL: "CDD-based Precoding for E-UTRA downlink MIMO", borrador de 3GPP; R1-063345 desvela un terminal o una estación base que almacena una matriz de Walsh-Hadamard.

- 40 Por consiguiente, existe una necesidad de un procedimiento y aparato de generación de un libro de códigos para un sistema de MIMO con baja complejidad y excelente rendimiento, incluso cuando la polarización de antenas es polarización múltiple.

Divulgación de la invención

Problema técnico

Aspectos de la presente invención proporcionan un procedimiento y aparato de generación de un libro de códigos

para un sistema de entrada múltiple salida múltiple (MIMO) de múltiple polarización que puede generar una matriz de precodificación usando una matriz de precodificación de única polarización incluso cuando la polarización de antenas es polarización múltiple, y de este modo obtener una excelente matriz de precodificación que se genera fácilmente.

- 5 Aspectos adicionales y/o ventajas de la invención se expondrán en parte en la descripción que sigue a continuación y, en parte, será obvia a partir de la descripción, o puede aprenderse mediante práctica de la invención.

Aspectos de la presente invención también proporcionan un procedimiento y aparato de generación de un libro de códigos en un sistema de MIMO de múltiple polarización que puede reconstruir una matriz de precodificación de acuerdo con una clasificación de transmisión.

- 10 Aspectos de la presente invención también proporcionan un procedimiento y aparato de generación de un libro de códigos en un sistema de MIMO de múltiple polarización que puede generar una matriz rotada cuando se rota la dirección de polarización de antenas de transmisión, que puede hacer frente de forma flexible con un cambio en la dirección de polarización.

Solución técnica

- 15 La invención se define mediante las reivindicaciones independientes. Realizaciones preferidas de la invención se estipulan en las reivindicaciones dependientes. Mientras varias realizaciones y/o ejemplos se han desvelado en esta descripción, la materia objeto para la que se busca protección se limita estricta y solamente a aquellas realizaciones y/o ejemplos incluidos por el alcance de las reivindicaciones adjuntas. Realizaciones y/o ejemplos mencionados en la descripción que no pertenecen al ámbito de las reivindicaciones son útiles para el entendimiento de la invención.

- 20 De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de generación de un libro de códigos para su uso en un MIMO de múltiple polarización, incluyendo el procedimiento: asignar una matriz de precodificación de única polarización a cada uno de bloques diagonales entre una pluralidad de bloques dispuestos en una estructura diagonal de bloques en la que un número de bloques diagonales corresponde a un número de direcciones de polarización de antenas de transmisión; y asignar una matriz cero a cada uno de bloques restantes excluyendo los bloques diagonales dentro de la estructura diagonal de bloques.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, el procedimiento de generación de libro de códigos puede incluir adicionalmente: generar una matriz de precodificación para MIMO de múltiple polarización combinando las matrices de precodificación de única polarización asignadas a los bloques diagonales y las matrices cero asignadas a los bloques restantes dentro de la estructura diagonal de bloques.

- 30 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, el procedimiento de generación de libro de códigos puede incluir adicionalmente: reconstruir la matriz de precodificación seleccionando, de la matriz de precodificación, al menos un vector de columna de acuerdo con una clasificación de transmisión que corresponde a un número de flujos de datos a transmitir.

- 35 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, el procedimiento de generación de libro de códigos puede incluir adicionalmente: generar una matriz de precodificación rotada usando la matriz de precodificación y una matriz rotada que corresponde a un ángulo rotado de la dirección de polarización cuando se rota la dirección de polarización de antenas de transmisión.

- 40 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, el procedimiento de generación de libro de códigos puede incluir adicionalmente: ajustar una fase de cada uno de elementos incluidos en la matriz reordenada usando una matriz diagonal.

- 45 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de generación de un libro de códigos para MIMO de múltiple polarización, incluyendo el aparato: una unidad de asignación de matriz de precodificación de única polarización para asignar una matriz de precodificación de única polarización a cada uno de bloques diagonales entre una pluralidad de bloques dispuestos en una estructura diagonal de bloques en la que un número de bloques diagonales corresponde a un número de direcciones de polarización de antenas de transmisión; y una unidad de asignación de matriz cero para asignar una matriz cero a cada uno de bloques restantes excluyendo los bloques diagonales dentro de la estructura diagonal de bloques.

Además de las realizaciones y aspectos de ejemplo como se ha descrito anteriormente, aspectos y realizaciones adicionales serán evidentes mediante referencia a los dibujos y mediante el estudio de las siguientes descripciones.

- 50 **Breve descripción de los dibujos**

- Un mejor entendimiento de la presente invención será evidente a partir de la siguiente descripción detallada de realizaciones de ejemplo y las reivindicaciones cuando se lean en conexión con los dibujos adjuntos, formando todos una parte de la divulgación de la presente invención. Mientras la siguiente divulgación escrita e ilustrada se centra en la divulgación de ejemplos de realizaciones de la invención, debería entenderse claramente que la misma es por medio de ilustración y ejemplo únicamente y que la invención no se limita a la misma. El espíritu y alcance de la

presente invención están limitados únicamente por los términos de las reivindicaciones adjuntas. Lo siguiente representa breves descripciones de los dibujos, en los que:

- 5 las Figuras 1-3 ilustran antenas de transmisión/recepción de múltiple polarización en un sistema de MIMO de acuerdo con realizaciones de ejemplo de la presente invención;
- la Figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de generación de un libro de códigos de matrices de precodificación para su uso en un sistema de MIMO de múltiple polarización de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención;
- la Figura 5 ilustra una matriz de precodificación para su uso en un sistema de MIMO de múltiple polarización de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención;
- 10 la Figura 6 ilustra matrices de precodificación en las que una matriz de transformada de Fourier discreta (DFT) de precodificación se asigna a bloques diagonales en un sistema de MIMO de múltiple polarización de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención; y
- la Figura 7 es un diagrama de bloques que ilustra un aparato de generación de libro de códigos de generación de un libro de códigos de matrices de precodificación para su uso en un sistema de MIMO de múltiple polarización de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención.

Modo para la invención

Se hará ahora referencia en detalle a presentes realizaciones de la presente invención, cuyos ejemplos se ilustran en los dibujos adjuntos, en los que números de referencia similares hacen referencia a elementos similares a lo largo de todo el documento. Las realizaciones se describen a continuación para explicar la presente invención haciendo referencia a las figuras.

Antes de describir las realizaciones de la presente invención en detalle, a continuación en el presente documento se proporcionan ejemplos de libros de códigos actuales diseñados para MIMO de única polarización que incluyen un libro de códigos de transformada de Fourier discreta (DFT) y un libro de códigos de DFT rotado para ayudar en el entendimiento de la construcción del nuevo libro de códigos para el caso particular de MIMO de múltiple polarización. Por ejemplo, un libro de códigos de DFT que proporciona una matriz de precodificación de DFT para su uso en un sistema de MIMO de única polarización puede representarse como se indica a continuación:

[Ecuación 1]

$$\gamma = \{U^{(0)}, U^{(1)}, \dots, U^{(2^B-1)}\}$$

: Conjunto de matriz de precodificación

$$U^{(b)} = [u_0^{(b)} \dots u_{M-1}^{(b)}]$$

30 : b^{ésima} matriz de precodificación

$$u_{m-1}^{(b)}$$

: m^{ésimo} vector de columna en la matriz

$$U^{(b)},$$

en la que B es el número de bits necesarios para indicar una de esas

35 $2^{(B)}$

matrices de precodificación de DFT, M es un número de antenas de transmisión, γ es un libro de códigos de DFT que es un conjunto de matrices de precodificación de DFT, y

$$U^{(b)}$$

es la b^{ésima} matriz de precodificación de DFT. El m^{ésimo} vector de columna en la matriz

40 $u_{m-1}^{(b)}$

puede representarse como

$$\mathbf{u}_{m-1}^{(b)}$$

Específicamente, el libro de códigos de DFT incluye

$$2^{(B)}$$

matrices de precodificación de DFT. Cada una de las

5

$$2^{(B)}$$

matrices de precodificación de DFT incluye M vectores de columna.

También, cada una de las matrices de precodificación de DFT es una matriz de M x M, y

$$\mathbf{u}_{m-1}^{(b)}$$

es un vector que tiene m elementos y puede ser un vector de columna que tiene un tamaño de M x 1.

10 En el libro de códigos de DFT,

$$\mathbf{u}_m^{(b)}$$

puede definirse como se indica a continuación:

[Ecuación 2]

$$\mathbf{u}_m^{(b)} = \frac{1}{\sqrt{M}} [\mathbf{u}_{0m}^{(b)} \quad \dots \quad \mathbf{u}_{(M-1)m}^{(b)}]^T$$

$$\mathbf{u}_{nm}^{(b)} = \exp \left\{ j \frac{2\pi n}{M} \left(m + \frac{b}{2^B} \right) \right\}$$

Es decir,

15

$$2^{(B)}$$

matrices de precodificación de DFT existen en el libro de códigos de DFT. Cada matriz de precodificación de DFT es una matriz de M x M. También, cada una de las matrices de precodificación de DFT de M x M incluye M vectores de columna. Cada vector de columna puede ser un vector de columna de M x 1, y elementos del vector de columna pueden determinarse como en la ecuación anterior 2.

20 Por ejemplo, cuando la polarización de dos (2) antenas de transmisión son polarización única, la matriz de precodificación de DFT puede incluir dos matrices dadas como se indica a continuación,

[Ecuación 3]

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

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

En contraste al libro de códigos de DFT actual para sistema de MIMO de única polarización, un libro de códigos de DFT rotado es un conjunto de matrices de precodificación de DFT rotadas para su uso en un sistema de MIMO de única polarización. Un libro de códigos de DFT rotado de este tipo puede representarse como se indica a continuación:

[Ecuación 4]

$$\{\mathbf{E}, \mathbf{E}^2, \dots, \mathbf{E}^{2^B}\}$$

5

: de tal forma que

$$\mathbf{U}^{(i)} \triangleq \mathbf{E}^{i+1}$$

Una ^{jésima} matriz de precodificación de DFT rotada puede representarse como se indica a continuación:

[Ecuación 5]

$$\mathbf{E}^{(j)} = \begin{bmatrix} e^{j\theta_0} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & e^{j\theta_1} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & e^{j\theta_{M-1}} \end{bmatrix} DFT_M$$

10 en la que

$$DFT_M$$

es una matriz de precodificación de DFT en el sistema de MIMO de única polarización. La matriz de precodificación de DFT rotada

$$DFT_M$$

15 se genera rotando todos los elementos, incluidos en cada una de las filas de la matriz de precodificación de DFT, mediante una fase particular.

También, en un sistema de MIMO, una antena de transmisión ubicada en un lado de transmisor transmite una señal de datos, a través de un canal inalámbrico, a una antena de recepción ubicada en un lado de receptor. El canal inalámbrico puede denominarse como una matriz de canal H. En un sistema de MIMO de múltiple polarización, la

20

matriz de canal H puede modelarse como

$$\mathbf{H} = \mathbf{X} \odot \mathbf{H}'$$

En el presente documento, el símbolo"

⊙

" indica un producto de Hadamard de matrices y tiene una regla de cálculo, según viene dada por:

[Ecuación 6]

$$\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \odot \begin{bmatrix} x & y \\ z & w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ax & by \\ cz & dw \end{bmatrix}$$

25

En lo sucesivo, la presente invención se describirá en detalle con referencia a los dibujos adjuntos.

Volviendo ahora a las Figuras 1-3, se ilustran diversas combinaciones de antenas de transmisión/recepción de doble polarización para canales de MIMO de múltiple polarización de acuerdo con realizaciones de ejemplo de la presente invención.

Haciendo referencia a la Figura 1, un sistema 110 de MIMO incluye dos antenas 111 y 112 de transmisión (2Tx) dispuestas en un lado de transmisor, y dos antenas 113 y 114 de recepción (2Rx) dispuestas en un lado de receptor. Las dos antenas 111 y 112 de transmisión son perpendiculares entre sí. Por consiguiente, las direcciones de polarización de señales transmitidas, a través de un canal inalámbrico (es decir, matriz de canal H), por las antenas 111 y 112 de transmisión son ortogonales entre sí.

Para 2Tx-2Rx: Matriz de precodificación X puede representarse como se indica a continuación:

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{\chi} \\ \sqrt{\chi} & 1 \end{bmatrix}$$

El parámetro

χ

, llamado factor de depolarización, puede considerarse como una XPD global (discriminación de polarización cruzada) de las antenas y el canal. El valor exacto del factor de depolarización puede ser difícil de cuantificar ya que depende de muchos factores y variará de un entorno inalámbrico a otro. Un factor de depolarización de este tipo puede cubrir un amplio intervalo de valores de valores

$$0 \leq \chi \leq 1 .$$

De manera similar, otro sistema de MIMO 120, como se muestra en la Figura 2, incluye cuatro antenas 121, 122, 123 y 124 de transmisión (4Tx) dispuestas en un lado de transmisor, y dos antenas 125 y 126 de recepción (2Rx) dispuestas en un lado de receptor. Las direcciones polarizadas de señales transmitidas, a través de un canal inalámbrico (es decir, matriz de canal H), mediante dos antenas 121 y 122 de transmisión y restantes dos antenas 123 y 124 de transmisión son ortogonales entre sí.

Para 4Tx-2Rx: Matriz de precodificación X puede representarse como se indica a continuación:

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \sqrt{\chi} & \sqrt{\chi} \\ \sqrt{\chi} & \sqrt{\chi} & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

También, aún otro sistema 130 de MIMO, como se muestra en la Figura 3, incluye cuatro antenas 131, 132, 133 y 134 de transmisión (4Tx) dispuestas en un lado de transmisor, y cuatro antenas 135, 136, 137 y 138 de recepción (4Rx) dispuestas en un lado de receptor.

Para 4Tx-4Rx: Matriz de precodificación X puede representarse como se indica a continuación:

[Ecuación 7]

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \sqrt{\chi} & \sqrt{\chi} \\ 1 & 1 & \sqrt{\chi} & \sqrt{\chi} \\ \sqrt{\chi} & \sqrt{\chi} & 1 & 1 \\ \sqrt{\chi} & \sqrt{\chi} & 1 & 1 \end{bmatrix} ,$$

en la que

χ

es un número real, y

$$0 \leq \chi \leq 1 .$$

Haciendo referencia a la Ecuación 7, la primera columna y la segunda columna de la matriz X corresponden a dos antenas 121 y 122 de transmisión (2Tx), y la tercera columna y la cuarta columna de la matriz X corresponden a otras dos antenas 123 y 124 de transmisión (2Tx).

Específicamente, la matriz de canal H puede modelarse como:

$$H = X \otimes H'$$

5 También, cuando se disponen cuatro antenas de transmisión (4Tx) y cuatro antenas de recepción (4Rx) en el sistema 130 de MIMO, mostrado en la Figura 3, la matriz de precodificación X puede ser una matriz de 4x4, como se muestra en la Ecuación 7. También, las cuatro antenas 131, 132, 133 y 134 de transmisión (4Tx) transmiten señales en dos direcciones de polarización. Como resultado, la matriz X puede modelarse como una matriz de precodificación que tiene los dos bloques en una dirección diagonal.

Quando una distancia entre antenas de transmisión (Tx) y antenas de recepción (Rx) es pequeña, es decir, por ejemplo, cuando el equipo de usuario (UE) está cerca de la estación base (BS), el parámetro

10 x ,

llamado factor de depolarización, puede modelarse cercano a cero "0". A la inversa, cuando una distancia entre antenas de transmisión (Tx) y antenas de recepción (Rx) es grande, es decir, por ejemplo, cuando existen grandes células dentro de las redes inalámbricas,

x

15 puede modelarse cercano a uno "1". Por consiguiente, cuando

x

cambia de "0" a "1", es decir, dentro del intervalo de $0 \leq x \leq 1$, el libro de códigos debería tener un rendimiento excelente tanto en un sistema de MIMO de única polarización y un sistema de MIMO de múltiple polarización.

20 La Figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de generación de un libro de códigos para su uso en un sistema de MIMO de múltiple polarización de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención. Un libro de códigos de este tipo está provisto de un conjunto de matrices unitarias diseñadas no únicamente para esquemas de MIMO de múltiple polarización, sino también esquemas de MIMO de única polarización sin ninguna degradación de rendimiento significativa. El libro de códigos para tal MIMO de múltiple polarización puede construirse en una estructura diagonal de bloques, conocida como un libro de códigos de múltiple polarización de bloque diagonal. De manera similar, una matriz de precodificación para su uso en un MIMO de múltiple polarización en una estructura diagonal de bloques de este tipo puede expresarse en términos de M x N, donde M indica un número de antenas de transmisión en un lado de transmisor y N indica un número de flujos de datos en la matriz X. El tamaño de una matriz de este tipo puede determinarse de acuerdo con una clasificación de transmisión (tasa de multiplexación espacial) que corresponde a al menos uno del número de antenas de transmisión y el número de flujos de datos a transmitir, a través de los canales inalámbricos. Por ejemplo, si el número de antenas de transmisión (Tx) es cuatro (4) y la clasificación de transmisión, es decir, el número de flujos de datos es también cuatro (4), entonces el tamaño de la matriz puede ser de 4 x 4.

Una matriz de este tipo (libro de códigos de múltiple polarización de bloque diagonal) puede organizarse o modelarse como que tiene una pluralidad de bloques de acuerdo con un número de direcciones de polarización de antenas de transmisión dentro de una estructura diagonal de bloques. Bloques en una dirección diagonal se conocen como bloques diagonales. En una matriz de M x N, la expresión "dirección diagonal" se refiere a una dirección desde un elemento de una primera columna y una primera fila hasta un elemento es una M^{ésima} columna y N^{ésima} fila. Por ejemplo, cuando una matriz de 4 x 4 se divide en cuatro conjuntos de 2 x 2 matrices, una matriz de 2 x 2 que incluye elementos, incluidos en o bien la primera (1^a) o bien segunda (2^a) columna y también incluidos en o bien la primera (1^a) o bien segunda (2^a) fila de la matriz, y otra matriz de 2 x 2 que incluye elementos, incluidos en o bien la tercera (3^a) o bien cuarta (4^a) columna y también incluidos en o bien la tercera (3^a) o bien cuarta (4^a) fila de la matriz, se caracterizan como "bloques diagonales."

En este caso, cuando el número de direcciones de polarización de antenas de transmisión es dos (2), el número total de bloques diagonales puede ser dos (2) y el número total de bloques restantes dentro de la estructura diagonal de bloques puede ser dos (2). De manera similar, cuando el número de direcciones de polarización de antenas de transmisión es tres (3), el número total de bloques diagonales puede ser tres (3) y el número total de bloques restantes puede ser seis (6).

Haciendo referencia a la Figura 4, en la operación S210, se asigna una matriz de precodificación de única polarización a cada uno de bloques diagonales entre una pluralidad de bloques dentro de la estructura de bloque diagonal. Una matriz de precodificación de única polarización de este tipo es una matriz de precodificación diseñada para MIMO de única polarización.

Por ejemplo, la matriz de precodificación de única polarización asignada a los bloques diagonales en un libro de códigos de este tipo de múltiple polarización de bloque diagonal puede incluir una matriz de precodificación de DFT

o una matriz de precodificación de DFT rotada seleccionada en un libro de códigos de matriz diseñado para MIMO de única polarización, por ejemplo, el libro de códigos de DFT o el libro de códigos de DFT rotado o cualquier otro libro de códigos de matriz. Una cualquiera de la matriz de precodificación de DFT y la matriz de precodificación de DFT rotada puede asignarse a bloques diagonales.

5 Además, el tamaño de la matriz de precodificación de única polarización puede determinarse de acuerdo con el número de antenas de transmisión (Tx) que tiene la misma dirección de polarización. Por ejemplo, se supone que el número total de antenas de transmisión (Tx) es ocho (8), y la dirección de polarización por dos antenas de transmisión (2Tx) es una dirección x y la dirección de polarización por las restantes seis antenas de transmisión (6Tx) es una dirección y. En este caso, la dirección x es perpendicular a la dirección y. También, el número de direcciones de polarización es dos (2), es decir, las direcciones x y y. Por consiguiente, la matriz de precodificación para MIMO de múltiple polarización puede tener dos bloques diagonales.

10 También, el número de filas de la matriz de precodificación de única polarización que se asignan a un bloque diagonal puede ser seis (6) y el número de filas de la matriz de precodificación de única polarización que se asignan al restante un bloque diagonal puede ser dos (2). En este caso, si la clasificación de transmisión es ocho (8), más específicamente, si la clasificación de transmisión de dos antenas que tiene la dirección x como la dirección de polarización es dos (2) y la clasificación de transmisión de seis antenas que tiene la dirección y como la dirección de polarización es seis (6), una matriz de precodificación de polarización única de 2 x 2 puede asignarse a uno cualquiera de dos bloques diagonales y una matriz de precodificación de polarización única de 6 x 6 puede asignarse al otro de los dos bloques diagonales.

20 En la operación S220, se asigna una matriz cero a cada uno de las bloques restantes, excluyendo los bloques diagonales, dentro de la estructura diagonal de bloques.

Específicamente, la matriz cero de la que todos los elementos son '0' se asigna a bloques que no son los bloques diagonales entre los bloques que se obtienen dentro de la estructura diagonal de bloques de acuerdo con el número de direcciones de polarización de antenas de transmisión.

25 En la operación S230, se genera a continuación una matriz de precodificación para MIMO de múltiple polarización, es decir, un libro de códigos de múltiple polarización de bloque diagonal combinando las matrices de precodificación de única polarización asignadas a los bloques diagonales y las matrices cero asignadas a los bloques restantes dentro de la estructura diagonal de bloques.

30 Por ejemplo, si existen cuatro antenas de transmisión (4Tx), y dos antenas de transmisión (2Tx) de las mismas tienen la dirección x como la dirección de polarización y las restantes dos antenas de transmisión (2Tx) tienen la dirección y como la dirección de polarización, el libro de códigos para el sistema de MIMO de múltiple polarización puede incluir una matriz de 4 x 4 como se proporciona, por ejemplo, mediante:

[Ecuación 8]

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

,

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

...

35 Las dos matrices de precodificación de múltiple polarización de la Ecuación 8 son únicamente un ejemplo de la presente invención. Matrices de precodificación de múltiple polarización pueden generarse combinando aleatoriamente las dos matrices de precodificación de DFT de la Ecuación 3, por ejemplo, asignadas a los bloques diagonales con las dos matrices cero asignadas a los bloques restantes dentro de la estructura diagonal de bloques .

40 Específicamente, la matriz de precodificación para el sistema de MIMO de múltiple polarización pueden generarse organizando la matriz de precodificación en la pluralidad de bloques de acuerdo con el número de direcciones de polarización de antenas de transmisión, y asignando la matriz de precodificación de única polarización a los bloques

diagonales entre todos los bloques. La matriz cero se asigna a continuación a cada uno de las bloques restantes dentro de la estructura diagonal de bloques.

5 Por ejemplo, cuando se supone que existen cuatro antenas de transmisión y el número de direcciones de polarización de antenas de transmisión es dos (2), el tamaño de la matriz de precodificación para MIMO de múltiple polarización puede ser 4 x 4. También, ya que el número de direcciones de polarización de antenas de transmisión es dos (2), la matriz de precodificación puede organizarse en un total de cuatro (4) bloques de acuerdo con el número de direcciones de polarización. La matriz de precodificación para MIMO de múltiple polarización (libro de códigos de múltiple polarización de bloque diagonal) se genera a continuación asignando la matriz de precodificación de única polarización a cada uno de los dos (2) bloques diagonales y asignando la matriz cero a cada uno de los dos (2) bloques restantes que no son los dos (2) bloques diagonales dentro de la estructura diagonal de bloques.

15 En la operación S240, la matriz de precodificación (libro de códigos de múltiple polarización de bloque diagonal) se reconstruye a continuación seleccionando, de la misma matriz de precodificación, al menos un vector de columna de acuerdo con una clasificación de transmisión que corresponde a un número de flujos de datos a transmitir, a través del canal inalámbrico.

Por ejemplo, puede suponerse que si cuatro antenas de transmisión tienen una múltiple polarización, se genera una matriz de precodificación de 4 x 4. La matriz de precodificación de 4 x 4 viene dada por:

[Ecuación 9]

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

20 Haciendo referencia a la Ecuación 9, cuando la clasificación de transmisión es dos (2), la matriz de precodificación (libro de códigos de múltiple polarización de bloque diagonal) puede reconstruirse seleccionando dos vectores de columna de los cuatro vectores de columna incluidos en la matriz de precodificación. Específicamente, la matriz de precodificación de la Ecuación 9 puede reconstruirse para generar seis matrices de precodificación que tiene un tamaño de 4 x 2, según viene dada por:

[Ecuación 10]

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

,

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

,

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

,

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

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

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

Cuando el número de antenas de transmisión es M y la clasificación de transmisión es r, puede generarse una matriz de precodificación de M x M. También, puede generarse una matriz de precodificación de M x r seleccionando vectores de columna de acuerdo con la clasificación de transmisión y reconstruyendo la matriz de precodificación.

5 Específicamente, de acuerdo con la presente invención, pueden eliminarse vectores de columna innecesarios de la matriz de precodificación reconstruyendo la matriz de precodificación de acuerdo con la clasificación de transmisión, y por lo tanto puede generarse un libro de códigos de forma eficiente.

10 En la operación S250, cuando se rota la dirección de polarización de antenas de transmisión, se genera una matriz de precodificación rotada usando la matriz de precodificación y una matriz rotada. La matriz rotada puede corresponder a un ángulo rotado de dirección de polarización de antenas de transmisión (Tx).

15 La estructura de red de antenas de transmisión puede incorporarse de diferentes formas. Por ejemplo, en el sistema de MIMO de múltiple polarización, las antenas de transmisión que corresponden a una dirección de polarización pueden instalarse verticalmente con respecto a un plano de referencia y las antenas de transmisión que corresponden a otra dirección de polarización pueden instalarse horizontalmente con respecto al plano de referencia. También, las antenas de transmisión que corresponden a una dirección de polarización pueden instalarse en una dirección de +45 grados con respecto al plano de referencia y las antenas de transmisión que corresponden a la otra dirección de polarización pueden instalarse en una dirección de -45 grados con respecto al plano de referencia.

20 Específicamente, cuando se rota la dirección de polarización de antenas de transmisión mediante un ángulo particular con respecto al plano de referencia, un flujo de datos debe modificarse mediante conformación de haz usando la matriz de precodificación rotada. La matriz de precodificación rotada pueden generarse rotando la matriz de precodificación. Específicamente, la matriz de precodificación rotada pueden generarse multiplicando la matriz de precodificación y la matriz rotada.

25 Por ejemplo, cuando se supone que se instalan dos respectivas antenas de transmisión entre cuatro antenas de transmisión en una dirección de +45 grados y en una dirección de -45 grados con respecto al plano de referencia, la matriz rotada puede representarse como se indica a continuación:

[Ecuación 11]

$$U_{rot} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

La matriz rotada

$$U_{rot}$$

puede multiplicarse por un valor complejo aleatorio. La estructura resultante cuando se multiplica la matriz rotada

$$U_{rot}$$

5 por el valor escalar aleatorio pertenece al alcance de la presente invención.

Cuando la matriz de precodificación se denomina como

$$W_{BD},$$

la matriz de precodificación rotada

$$W_{RBD}$$

10 que se genera rotando la matriz de precodificación

$$W_{BD}$$

puede representarse como se indica a continuación:

[Ecuación 12]

$$W_{RBD} = \frac{1}{2} U_{rot} W_{BD}$$

Haciendo referencia a la Ecuación 12, la matriz rotada

$$U_{rot}$$

15

puede determinarse para corresponder al ángulo rotado de dirección de polarización de antenas de transmisión.

De acuerdo con la presente invención, incluso cuando se proporcionan diversos tipos de redes, tal como antenas de transmisión con una dirección de polarización rotada, la matriz de precodificación rotada puede generarse fácilmente usando la matriz rotada.

20 En la operación S250, se obtiene una matriz reordenada reordenando vectores de columna que se incluyen en la matriz de precodificación, y la matriz reordenada y la matriz rotada se usan para generar una matriz de precodificación rotada.

Por ejemplo, se supone que cuando se instalan dos respectivas antenas de transmisión entre cuatro antenas de transmisión en una dirección de +45 grados y en una dirección de -45 grados con respecto al plano de referencia, la matriz de precodificación

25

$$W_{BD}$$

se genera. En este caso, la matriz rotada

$$U_{rot}$$

es la misma que la Ecuación 11. La matriz de precodificación

$$W_{BD}$$

30

se representa como se indica a continuación:

[Ecuación 13]

$$\mathbf{W}_{BD} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} .$$

Cuando vectores de columna incluidos en la matriz de precodificación

$$\mathbf{W}_{BD}$$

de la Ecuación 13 se reordenan, la matriz reordenada

5

$$\mathbf{W}_{reorden, BD}$$

puede representarse como se indica a continuación:

[Ecuación 14]

$$\mathbf{W}_{reorden, BD} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} .$$

Usando la matriz reordenada

$$\mathbf{W}_{reorden, BD}$$

10 y la matriz rotada

$$\mathbf{U}_{rot}$$

de la Ecuación 11, la matriz de precodificación rotada

$$\mathbf{W}_{RBD}$$

15 pueden generarse y un flujo de datos puede modificarse mediante conformación de haz usando la matriz de precodificación rotada

$$\mathbf{W}_{RBD} ,$$

representada como se indica a continuación:

[Ecuación 15]

$$\begin{aligned} \mathbf{W}_{\text{RBD}} &= \frac{1}{2} \mathbf{U}_{\text{rot}} \mathbf{W}_{\text{BD}} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ &= \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Haciendo referencia a la Ecuación 15, puede observarse que cuando se instalan dos respectivas antenas de transmisión entre cuatro antenas de transmisión en una dirección de +45 grados y en una dirección de -45 grados con respecto al plano de referencia, la matriz de precodificación rotada

5 \mathbf{W}_{RBD}
que corresponde a la matriz de precodificación

$$\mathbf{W}_{\text{BD}}$$

de la Ecuación 13 pueden generarse como la Ecuación 15.

10 En la operación S260, se ajusta una fase de cada uno de elementos incluidos en la matriz reordenada. La fase de cada uno de elementos incluidos en la matriz reordenada puede ajustarse usando una matriz diagonal. En este caso, la matriz diagonal incluye elementos diagonales. También, la fase de cada uno de los elementos diagonales puede ser la misma o diferente entre sí. La amplitud de cada elemento diagonal se establece a '1'. La amplitud de cada uno de los restantes elementos, excluyendo los elementos diagonales, se establece a '0'.

15 La matriz diagonal se asocia con un esquema de modulación de símbolos de datos, en lugar de aumentar capacidades de canal del sistema de MIMO y similares. Por ejemplo, cuando el símbolo de datos se modula usando modulación por desplazamiento de fase cuaternaria(QPSK), la matriz diagonal puede cambiar únicamente la fase del símbolo de datos, pero puede no afectar a las capacidades de canal del sistema de MIMO.

En este caso, se supone que la matriz de precodificación

$$\mathbf{W}_{\text{BD}}$$

20 y la matriz reordenada

$$\mathbf{W}_{\text{reorden, BD}}$$

se proporcionan por:

[Ecuación 16]

$$W_{BD} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ j & -j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & j & -j \end{bmatrix} .$$

$$W_{reorden, BD} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ j & 0 & -j & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & j & 0 & -j \end{bmatrix} .$$

En este caso, la fase de cada elemento incluido en la matriz reordenada

$$W_{reorden, BD}$$

5 puede ajustarse como la Ecuación 17 a continuación, y símbolos de datos pueden modificarse mediante conformación de haz usando

$$W'_{reorden, BD} .$$

La Ecuación 17 viene dada por:

[Ecuación 17]

$$W'_{reorden, BD} = W_{reorden, BD} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & j \end{bmatrix}$$

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

10 Aspectos de la presente invención pueden grabarse en medio legible por ordenador que incluye instrucciones de programa para implementar diversas operaciones incorporadas mediante un ordenador. El medio también puede incluir, solo o en combinación con las instrucciones de programa, archivos de datos, estructuras de datos y similares. Ejemplos de medio legible por ordenador incluyen medios magnéticos tal como discos duros, discos flexibles y cinta magnética; medios ópticos tal como discos de CD ROM y DVD; medios magneto-ópticos tal como discos ópticos; y dispositivos de hardware que se configuran especialmente para almacenar y realizar instrucciones de programa, tal como memoria de solo lectura (ROM), Memoria de Acceso Aleatorio (RAM), memoria flash y similares. Ejemplos de instrucciones de programa incluyen tanto código de máquina, tal como producido mediante un compilador, como archivos que contienen código de nivel superior que pueden ejecutarse mediante el ordenador usando un intérprete. Los dispositivos de hardware descritos pueden configurarse para actuar como uno o más módulos de software para realizar las operaciones de las realizaciones anteriormente descritas de la presente invención.

20 La Figura 5 ilustra una matriz de precodificación para su uso en un sistema de MIMO de múltiple polarización de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención.

Haciendo referencia a la Figura 5, cuando el número de antenas de transmisión es cuatro (4) y el número de direcciones de polarización de antenas de transmisión es dos (2), U indica una matriz de precodificación para el sistema de MIMO de múltiple polarización. Matrices tal como una matriz 310 'A' y una matriz 320 'B', como se muestra en la Figura 5, indican una matriz de precodificación de única polarización, es decir, una matriz de precodificación seleccionada a partir de un libro de códigos de matriz diseñado para MIMO de única polarización, por ejemplo, libro de códigos de DFT o libro de códigos de DFT rotado o cualquier otro libro de códigos de matriz, y dos matrices 330 y 340 'O' indican matrices cero.

Ya que el número de direcciones de polarización de antenas de transmisión es dos (2), existen dos bloques diagonales y dos bloques restantes. La matriz 310 'A' y la matriz 320 'B', es decir, matrices de precodificación de única polarización, se asignan a los bloques diagonales respectivamente. Las matrices 330 y 340 'O', es decir, matrices cero, se asignan a los bloques restantes respectivamente.

El tamaño de la matriz 310 'A' y la matriz 320 'B' puede determinarse de acuerdo con el número de antenas de transmisión que tienen la misma dirección de polarización.

Por ejemplo, cuando las direcciones de polarización de antenas de transmisión son una dirección x y una dirección y, el número de direcciones de polarización de antenas de transmisión puede ser dos (2). También, puede suponerse que cuando un número total de antenas de transmisión es cuatro (4), la dirección de polarización de dos antenas de transmisión es la dirección x y la dirección de polarización de las restantes dos antenas de transmisión es la dirección y. En este caso, la matriz 310 'A' puede ser una matriz de precodificación de única polarización que corresponde a la dirección de polarización de la dirección x. Ya que el número de antenas de transmisión que tiene una dirección de polarización en la dirección x es dos (2), el número de filas de la matriz 310 'A' puede ser dos (2). También, el número de filas de la matriz 320 'B' puede ser dos (2).

Cuando la clasificación de transmisión para la dirección x es dos (2), el número de filas de la matriz 310 'A' puede ser dos (2). También, cuando la clasificación de transmisión para la dirección y es dos (2), el número de filas de la matriz 320 'B' puede ser dos (2).

La Figura 6 ilustra matrices de precodificación de única polarización, tal como, matrices de precodificación de DFT asignadas a bloques diagonales en un sistema de MIMO de múltiple polarización de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención.

Haciendo referencia a la Figura 6,

$$W_{BD,1}$$

y

$$W_{BD,2}$$

son matrices de precodificación cuando el número de antenas de transmisión es cuatro (4), el número de direcciones de polarización de antenas de transmisión es dos (2), y el número de antenas de transmisión que tiene la misma dirección de polarización es dos (2).

Las matrices de precodificación de DFT que se asignan a bloques diagonales de las matrices de precodificación

$$W_{BD,1}$$

y

$$W_{BD,2}$$

pueden representarse como se indica a continuación:

[Ecuación 18]

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} ,$$

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

Un ejemplo de matrices reordenadas

$$\mathbf{W}_{\text{reorden, BD,1}} ,$$

$$\mathbf{W}_{\text{reorden, BD,2}} ,$$

$$\mathbf{W}_{\text{reorden, BD,3}} ,$$

$$\mathbf{W}_{\text{reorden, BD,4}} ,$$

$$\mathbf{W}_{\text{reorden, BD,5}} ,$$

$$\mathbf{W}_{\text{reorden, BD,6}} ,$$

$$\mathbf{W}_{\text{reorden, BD,7}}$$

y

$$\mathbf{W}_{\text{reorden, BD,8}}$$

5

que se generan reordenando vectores de columna incluidos en las matrices de precodificación

$$\mathbf{W}_{\text{BD,1}}$$

y

$$\mathbf{W}_{\text{BD,2}}$$

10 pueden representarse como se indica a continuación:

[Ecuación 19]

$$\mathbf{W}_{\text{reorden, BD,1}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_{\text{reorden, BD,2}} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_{\text{reorden, BD,3}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ j & 0 & -j & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & j & 0 & -j \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_{\text{reorden, BD,4}} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & -j & 0 & j \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ -j & 0 & j & 0 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_{\text{reorden, BD,5}} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & j & 0 & -j \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ j & 0 & -j & 0 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_{\text{reorden, BD,6}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_{\text{reorden, BD,7}} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_{\text{reorden,BD,8}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ -j & 0 & j & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & -j & 0 & j \end{bmatrix},$$

5 Las matrices reordenadas pueden multiplicarse por una matriz diagonal. En este caso, elementos diagonales de la matriz diagonal son números complejos que tienen el tamaño de 1, y elementos restantes son 0. La matriz diagonal no afecta a capacidades de canal o rendimiento de conformación de haz, y se asocia con un esquema de modulación de símbolos de datos.

Por ejemplo, la fase de cada elemento incluido en las matrices reordenadas usando matrices diagonales aleatorias puede ajustarse como se muestra en la Ecuación 20. En este caso, elementos diagonales de una matriz diagonal

$$\mathbf{D}_i$$

pueden ser números complejos aleatorios que tienen la magnitud de 1.

[Ecuación 20]

$$\mathbf{W}_{\text{C,1}} = \mathbf{W}_{\text{reorden,BD,1}} \mathbf{D}_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_{\text{C,2}} = \mathbf{W}_{\text{reorden,BD,2}} \mathbf{D}_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_{\text{C,3}} = \mathbf{W}_{\text{reorden,BD,3}} \mathbf{D}_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ j & 0 & -j & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & j & 0 & -j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & j \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_{\text{C,4}} = \mathbf{W}_{\text{reorden,BD,4}} \mathbf{D}_4 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & -j & 0 & j \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ -j & 0 & j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -j \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_{\text{C,5}} = \mathbf{W}_{\text{reorden,BD,5}} \mathbf{D}_5 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & j & 0 & -j \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ j & 0 & -j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & j \end{bmatrix}$$

10

$$W_{C,6} = W_{\text{reorden, BD,6}} D_6 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$W_{C,7} = W_{\text{reorden, BD,7}} D_7 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$W_{C,8} = W_{\text{reorden, BD,8}} D_8 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ -j & 0 & j & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & -j & 0 & j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -j \end{bmatrix}$$

También, una matriz de precodificación rotada

$$W_{RBD,i}$$

pueden generarse a partir de

5

$$W_{C,i}$$

que se genera usando la matriz reordenada

$$W_{\text{reorden, BD, } i}$$

y la matriz diagonal

$$D_i$$

10 Más específicamente, la matriz de precodificación rotada

$$W_{RBD,i}$$

pueden generarse a través de una transformación matemática de las matrices de precodificación

$$W_{BD,1}$$

y

$$W_{BD,2}$$

15

En este caso, cuando una matriz reordenada se genera de la matriz de precodificación, y

$$W_{C,i}$$

se genera multiplicando la matriz reordenada y la matriz diagonal, la matriz de precodificación rotada

$$W_{RBD,i}$$

puede darse por:

[Ecuación 21]

$$W_{RBD,i} = \frac{1}{2} U_{rot} W_{C,i}$$

Usando la Ecuación 21, la matriz de precodificación rotada

5

$$W_{RBD,i}$$

con respecto a

$$W_{C,i}$$

incluida en la Ecuación 20 puede representarse como se indica a continuación:

[Ecuación 22]

$$W_{RBD,1} = \frac{1}{2} U_{rot} W_{C,1} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$W_{RBD,2} = \frac{1}{2} U_{rot} W_{C,2} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix},$$

$$W_{RBD,3} = \frac{1}{2} U_{rot} W_{C,3} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ j & 0 & -j & 0 \\ 0 & j & 0 & j \\ 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$W_{RBD,4} = \frac{1}{2} U_{rot} W_{C,4} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & j & 0 & -j \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ j & 0 & j & 0 \end{bmatrix},$$

10 Haciendo referencia a la Ecuación 22, cuando se instalan antenas de transmisión que corresponden a una dirección de polarización en una dirección de +45 grados con respecto al plano de referencia y se instalan antenas de transmisión que corresponden a otra dirección de polarización en una dirección de -45 grados con respecto al plano

de referencia, pueden generarse cuatro (4) matrices de precodificación rotadas usando la matriz rotada. En este caso, aunque se expresan cuatro matrices de precodificación rotadas en la Ecuación 22, será evidente a los expertos en la técnica que diversos tipos de matrices de precodificación rotadas pueden generarse usando los espíritus técnicos de la presente invención.

5 También, la matriz de precodificación rotada

$$W_{RBD,i}$$

puede representarse como se indica a continuación:

[Ecuación 23]

$$W_{RBD,5} = \frac{1}{2} U_{rot} W_{C,5} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & -j & 0 & j \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ -j & 0 & -j & 0 \end{bmatrix},$$

$$W_{RBD,6} = \frac{1}{2} U_{rot} W_{C,6} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$W_{RBD,7} = \frac{1}{2} U_{rot} W_{C,7} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix},$$

$$W_{RBD,8} = \frac{1}{2} U_{rot} W_{C,8} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ -j & 0 & j & 0 \\ 0 & -j & 0 & -j \\ 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Cuando se calcula la matriz de precodificación rotada

$$W_{RBD,i}$$

10

usando la Ecuación 22 y la Ecuación 23, puede representarse como se indica a continuación:

[Ecuación 24]

$$\mathbf{W}_{\text{RBD},1} = \frac{1}{2} \mathbf{U}_{\text{rot}} \mathbf{W}_{\text{C},1} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_{\text{RBD},2} = \frac{1}{2} \mathbf{U}_{\text{rot}} \mathbf{W}_{\text{C},2} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_{\text{RBD},3} = \frac{1}{2} \mathbf{U}_{\text{rot}} \mathbf{W}_{\text{C},3} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -j & 1 & -j \\ j & 1 & -j & -1 \\ 1 & j & 1 & j \\ j & -1 & -j & 1 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_{\text{RBD},4} = \frac{1}{2} \mathbf{U}_{\text{rot}} \mathbf{W}_{\text{C},4} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & j & -1 & -j \\ -j & 1 & -j & 1 \\ -1 & j & 1 & -j \\ j & 1 & j & 1 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_{\text{RBD},5} = \frac{1}{2} \mathbf{U}_{\text{rot}} \mathbf{W}_{\text{C},5} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -j & -1 & j \\ j & 1 & j & 1 \\ -1 & -j & 1 & j \\ -j & 1 & -j & 1 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_{\text{RBD},6} = \frac{1}{2} \mathbf{U}_{\text{rot}} \mathbf{W}_{\text{C},6} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_{\text{RBD},7} = \frac{1}{2} \mathbf{U}_{\text{rot}} \mathbf{W}_{\text{C},7} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_{\text{RBD},8} = \frac{1}{2} \mathbf{U}_{\text{rot}} \mathbf{W}_{\text{C},8} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & j & 1 & j \\ -j & 1 & j & -1 \\ 1 & -j & 1 & -j \\ -j & -1 & j & 1 \end{bmatrix}.$$

Por consiguiente, diversos tipos de aparatos de comunicación que transmiten/reciben datos de acuerdo con un esquema de acceso múltiple por división del espacio (SDMA) pueden realizar comunicación usando al menos una de las matrices de precodificación desveladas en la Ecuación 24. SDMA indica una tecnología que habilita que una estación base transmita (o reciba) señal (es decir, al menos un flujo de datos) a (o desde) múltiples usuarios en el mismo ancho de banda y momento simultáneamente, a través de múltiples antenas para maximizar una tasa de transmisión de datos y capacidad total. En el presente documento, las matrices de precodificación desveladas en la Ecuación 24 se basan en cuando una clasificación de transmisión es 4, pero es posible generar matrices de precodificación que corresponden a diversos tipos de clasificaciones de transmisión seleccionando vectores de columna de las matrices de precodificación desveladas en la Ecuación 24.

También, la estación base (BS) y terminales pueden almacenar el libro de códigos de matrices de la Ecuación 24 en un medio de grabación legible por ordenador, etc. Cuando la estación base (BS) transmite una señal piloto, cada uno de los terminales puede seleccionar una cualquiera de las matrices almacenadas en respuesta a la señal piloto. En este caso, cada uno de los terminales puede seleccionar una matriz cualquiera a base del estado de un canal inalámbrico formado entre cada uno de los terminales y la estación base, y también puede seleccionar una matriz cualquiera a base de una tasa de transmisión de datos alcanzable. También, cada uno de los terminales puede seleccionar un cualquier vector de color de los vectores de columna incluidos en la matriz seleccionada.

También, los terminales pueden realimentar a la estación base información asociada con la matriz seleccionada, o información asociada con el vector de columna seleccionado. La información asociada con la matriz seleccionada puede ser información de índice de la matriz seleccionada y la información asociada con el vector de columna seleccionado puede ser información de índice del vector de columna seleccionado.

En este caso, la estación base (BS) puede seleccionar una cualquiera de las matrices desvelado en la Ecuación 24, como una matriz de precodificación, a base de la información realimentada desde los terminales. En particular, la estación base puede seleccionar la matriz de precodificación de acuerdo con un esquema de Control de Tasa Unitaria por Usuario (PU2RC). La estación base (BS) puede realizar precodificación (conformación de haz) en un flujo de datos a transmitir, a través de antenas de transmisión, usando la matriz de precodificación seleccionada.

Específicamente, un terminal de acuerdo con un aspecto de la presente invención puede incluir un receptor de señales para recibir una señal piloto transmitida desde una estación base; incluyendo una unidad de almacenamiento de libro de códigos para almacenar un libro de códigos al menos una

\mathbf{W}_i

en la que i es un número natural de 1 a 8,;

$$\mathbf{W}_1 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} ,$$

$$\mathbf{W}_2 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 \end{bmatrix} ,$$

$$\mathbf{W}_3 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -j & 1 & -j \\ j & 1 & -j & -1 \\ 1 & j & 1 & j \\ j & -1 & -j & 1 \end{bmatrix} ,$$

$$\mathbf{W}_4 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & j & -1 & -j \\ -j & 1 & -j & 1 \\ -1 & j & 1 & -j \\ j & 1 & j & 1 \end{bmatrix} ,$$

$$\mathbf{W}_5 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -j & -1 & j \\ j & 1 & j & 1 \\ -1 & -j & 1 & j \\ -j & 1 & -j & 1 \end{bmatrix} ,$$

$$\mathbf{W}_6 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix} ,$$

$$\mathbf{W}_7 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} ,$$

$$\mathbf{W}_8 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & j & 1 & j \\ -j & 1 & j & -1 \\ 1 & -j & 1 & -j \\ -j & -1 & j & 1 \end{bmatrix} ;$$

un selector para seleccionar una matriz objetivo de la al menos una almacenada

$$W_i$$

en respuesta a la señal piloto; y una unidad de realimentación de información para realimentar información asociada con la matriz objetivo a la estación base.

- 5 En este caso, el selector puede seleccionar la matriz objetivo del libro de códigos almacenado que incluye al menos una

$$W_i$$

a base del estado de un canal inalámbrico formado entre el terminal y la estación base. También, el selector puede seleccionar la matriz objetivo del libro de códigos almacenado que incluye al menos una

10

$$W_i$$

a base de una tasa de transmisión de datos alcanzable. Y el selector selecciona la matriz objetivo del libro de códigos almacenado que incluye al menos una

$$W_i$$

15

en respuesta a la señal piloto, y selecciona al menos un vector de columna de vectores de columna incluidos en la matriz objetivo seleccionada. En este caso, la unidad de realimentación de información puede realimentar a la estación base información asociada con la matriz objetivo seleccionada e información asociada con el al menos un vector de columna seleccionado.

También, una estación base de acuerdo con un aspecto de la presente invención puede incluir una unidad de almacenamiento de libro de códigos para almacenar un libro de códigos que incluye al menos una

20

$$W_i$$

en la que i es un número natural de 1 a 8,:

$$W_1 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix},$$

$$W_2 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 \end{bmatrix},$$

$$W_3 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -j & 1 & -j \\ j & 1 & -j & -1 \\ 1 & j & 1 & j \\ j & -1 & -j & 1 \end{bmatrix},$$

$$W_4 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & j & -1 & -j \\ -j & 1 & -j & 1 \\ -1 & j & 1 & -j \\ j & 1 & j & 1 \end{bmatrix},$$

$$W_5 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -j & -1 & j \\ j & 1 & j & 1 \\ -1 & -j & 1 & j \\ -j & 1 & -j & 1 \end{bmatrix} ,$$

$$W_6 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix} ,$$

$$W_7 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} ,$$

$$W_8 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & j & 1 & j \\ -j & 1 & j & -1 \\ 1 & -j & 1 & -j \\ -j & -1 & j & 1 \end{bmatrix} ;$$

un receptor de información para recibir información asociada con una matriz seleccionada por un terminal del libro de códigos almacenado que incluye al menos una

W_i :

- 5 un selector de matriz para seleccionar una matriz de precodificación a base de información asociada con la matriz seleccionada; y un precodificador para realizar precodificación en un flujo de datos a transmitir usando la matriz de precodificación seleccionada.

En este caso, el receptor de información puede recibir información asociada con matrices que corresponden a una pluralidad de terminales, en los que se seleccionan las matrices por la pluralidad de terminales respectivamente, el selector de matriz puede seleccionar la matriz de precodificación a base de información asociada con las matrices que corresponden a la pluralidad de terminales.

- 10

Volviendo ahora a la Figura 7, se ilustra un diagrama de bloques de un aparato de generación de libro de códigos de generación de un libro de códigos de matrices de precodificación para su uso en un sistema de MIMO de múltiple polarización de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención. Haciendo referencia a la Figura 7, el aparato de generación de libro de códigos incluye una unidad 510 de asignación de matriz de precodificación de única polarización, una unidad 520 de asignación de matriz cero, una unidad 530 de generación de matriz de precodificación, una unidad 540 de reconstrucción de matriz de precodificación, una unidad 550 de generación de matriz de precodificación rotada y una unidad 560 de ajuste de fase.

- 15

La unidad 510 de asignación de matriz de precodificación de única polarización asigna una matriz de precodificación de única polarización a cada uno de bloques diagonales entre una pluralidad de bloques dentro de una estructura diagonal de bloques. Los bloques se organizan de acuerdo con un número de direcciones de polarización de antenas de transmisión.

- 20

La unidad 520 de asignación de matriz cero asigna una matriz cero a bloques restantes excluyendo los bloques diagonales dentro de la estructura diagonal de bloques.

- 25 La unidad 530 de generación de matriz de precodificación genera una matriz de precodificación para MIMO de múltiple polarización (es decir, un libro de códigos de múltiple polarización de bloque diagonal) combinando las matrices de precodificación de única polarización asignadas a los bloques diagonales y las matrices cero asignadas a los bloques restantes dentro de la estructura diagonal de bloques.

La unidad 540 de reconstrucción de matriz de precodificación reconstruye la matriz de precodificación

seleccionando, de la matriz de precodificación, al menos un vector de columna de acuerdo con una clasificación de transmisión que corresponde a un número de flujos de datos a transmitir.

5 La unidad 550 de generación de matriz de precodificación rotada genera una matriz de precodificación rotada usando la matriz de precodificación y una matriz rotada que corresponde a un ángulo rotado de la dirección de polarización cuando se rota la dirección de polarización de antenas de transmisión.

La unidad 550 de generación de matriz de precodificación rotada puede generar una matriz reordenada reordenando vectores de columna que se incluyen en la matriz de precodificación, y genera la matriz de precodificación rotada usando la matriz reordenada y la matriz rotada.

10 La unidad 560 de ajuste de fase ajusta una fase de cada uno de elementos incluidos en la matriz reordenada usando una matriz diagonal.

Descripciones no hechas en relación con el aparato de la Figura 7 serán las mismas que las descripciones hechas con referencia a las Figuras 1 a 6, y por lo tanto se omitirán.

15 Matrices incluidas en una matriz de precodificación (libro de códigos de múltiple polarización de bloque diagonal) que se generan de acuerdo con un aspecto de la presente invención se almacenarán en diversos tipos de aparatos de comunicación y usarán. Por ejemplo, un aparato de comunicación puede transmitir y recibir datos en un sistema de comunicación de acceso múltiple por división del espacio (SDMA) usando una matriz que se genera de acuerdo con un aspecto de la presente invención. El aparato de comunicación puede incluir diversos tipos de dispositivos para el sistema de comunicación de SDMA, tal como una estación base, un repetidor, un terminal y similares.

20 Específicamente, un aparato de comunicación de acuerdo con un aspecto de la presente invención puede almacenar una matriz de precodificación (libro de códigos de múltiple polarización de bloque diagonal) que se genera asignando una matriz de precodificación de única polarización a bloques diagonales entre una pluralidad de bloques dentro de una estructura diagonal de bloques que se dividen u organizan de acuerdo con el número de direcciones de polarización de antenas de transmisión, y asignar una matriz cero a bloques restantes excluyendo los bloques diagonales dentro de la estructura diagonal de bloques.

25 De acuerdo con un aspecto de la presente invención, la matriz de precodificación (libro de códigos de múltiple polarización de bloque diagonal) puede generarse combinando las matrices de precodificación de única polarización asignadas en bloques diagonales y las matrices cero asignadas en bloques restantes dentro de la estructura diagonal de bloques.

30 También, un aparato de comunicación de acuerdo con un aspecto de la presente invención puede almacenar una matriz que se reconstruye seleccionando, de la matriz de precodificación, al menos un vector de columna de acuerdo con una clasificación de transmisión que corresponde a un número de flujos de datos a transmitir.

35 También, un aparato de comunicación de acuerdo con un aspecto de la presente invención puede almacenar una matriz de precodificación rotada que se genera usando la matriz de precodificación y una matriz rotada que corresponde a un ángulo rotado de la dirección de polarización cuando se rota la dirección de polarización de antenas de transmisión.

También, un aparato de comunicación de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención puede generar una matriz reordenada reordenando vectores de columna que se incluyen en la matriz de precodificación, y almacenar una matriz que se genera usando la matriz reordenada y la matriz rotada.

40 Cuando el aparato de comunicación es una estación base (BS) usada para soportar múltiples equipos de usuario (UE) en una red inalámbrica, tal como 3GPP, Súper 3G (Evolución a Largo Plazo "LTE" 3G), 3GPP2 y próximos sistemas 4G, la estación base (BS) puede transmitir una señal de transmisión que modifica mediante conformación de haz un flujo de datos usando matrices incluidas en la estación base (BS). Específicamente, la estación base (BS) puede incluir una unidad de almacenamiento de libro de códigos que almacena un libro de códigos de matrices de acuerdo con la presente invención y un conformador de haz que modifica mediante conformación de haz flujos de datos usando las matrices almacenadas.

45 A la inversa, cuando el aparato de comunicación es un terminal, el terminal puede generar datos de realimentación usando matrices seleccionadas de un libro de códigos almacenado en el terminal. Los datos de realimentación se usan cuando la estación base (BS) realiza conformación de haz en la que múltiples flujos de datos se emiten desde antenas de transmisión de acuerdo con matrices seleccionadas de un libro de códigos almacenado en el terminal. Específicamente, el terminal puede incluir una unidad de almacenamiento de libro de códigos que almacena un libro de códigos de matrices de acuerdo con la presente invención y una unidad de generación de datos de realimentación que genera datos de realimentación que corresponden a un canal inalámbrico de la estación base usando las matrices almacenadas.

55 De acuerdo con aspectos de la presente invención, se proporciona un procedimiento y aparato de generación de un libro de códigos para un sistema de MIMO de múltiple polarización que puede generar una matriz de precodificación

usando una matriz de precodificación de única polarización incluso cuando la polarización de antenas es polarización múltiple, y de este modo generar una matriz de precodificación excelente que se genera fácilmente. Un libro de códigos de este tipo puede compararse por un extremo de transmisor y un extremo de receptor.

5 También, de acuerdo con aspectos de la presente invención, se proporciona un procedimiento y aparato de generación de un libro de códigos en un sistema de MIMO de múltiple polarización que puede reconstruir una matriz de precodificación de acuerdo con una clasificación de transmisión y de este modo puede generar de forma más efectiva un libro de códigos.

10 También, de acuerdo con aspectos de la presente invención, se proporciona un procedimiento y aparato de generación de un libro de códigos en un sistema de MIMO de múltiple polarización que puede generar una matriz rotada cuando se rota la dirección de polarización de antenas de transmisión, y de este modo puede hacer frente de forma más flexible a un cambio en la dirección de polarización.

15 Como se describe a partir de lo anterior, puede obtenerse ventajosamente un libro de códigos con baja complejidad y excelente rendimiento y robustez para su uso en esquemas de MIMO de múltiple polarización. Tal diseño de libro de códigos también puede usarse para esquemas de MIMO de única polarización sin ninguna degradación de rendimiento significativa.

20 Diversos componentes del aparato de generación de libro de códigos, como se muestra en la Figura 7, tal como, la unidad 510 de asignación de matriz de precodificación de única polarización, la unidad 520 de asignación de matriz cero, la unidad 530 de generación de matriz de precodificación, la unidad 540 de reconstrucción de matriz de precodificación, la unidad 550 de generación de matriz de precodificación rotada y la unidad 560 de ajuste de fase pueden integrarse en una única unidad de control, tal como un procesador de banda base o controlador ubicado en un lado de transmisor, por ejemplo, una estación base, o como alternativa, pueden implementarse en software o hardware, tal como, por ejemplo, un campo de matriz de puertas programables (FPGA) y un circuito integrado de aplicación específica (ASIC). Como tal, se concibe que los procedimientos descritos en el presente documento se interpreten ampliamente como que se realizan de forma equivalente mediante software, hardware o una combinación de los mismos. Como se ha analizado anteriormente, pueden escribirse módulos de software, a través de una diversidad de lenguajes de software, incluyendo C, C++, Java, Visual Basic y muchos otros. Estos módulos de software pueden incluir datos e instrucciones que también pueden almacenarse en uno o más medios de almacenamiento legible por máquina, tal como memorias de acceso aleatorio dinámicas o estáticas (DRAM o SRAM), memorias de solo lectura borrables y programables (EPROM), memorias de solo lectura eléctricamente borrables y programables (EEPROM) y memorias flash; discos magnéticos tal como fijos, flexibles y discos extraíbles; otros medios magnéticos que incluyen cinta; y medios ópticos tal como discos compactos (CD) o discos de video digitales (DVD). Instrucciones de las rutinas o módulos de software también pueden cargarse o transportarse en las tarjetas inalámbricas o cualquier dispositivo informático en la red inalámbrica de una de muchas formas diferentes. Por ejemplo, segmentos de código que incluyen instrucciones almacenadas en discos flexibles, medios de CD o DVD, un disco duro, o transportada a través de una Tarjeta de Interfaz de Red, módem, u otro dispositivo de interfaz pueden cargarse en el sistema y ejecutarse como correspondientes rutinas o módulos de software. En el procedimiento de carga o transporte, señales de datos que se incorporan como ondas portadoras (transmitidas a través de línea de teléfono, líneas de red, enlaces inalámbricos, cables y similares) pueden comunicar los segmentos de código, incluyendo instrucciones, al nodo de red o elemento. Tales ondas portadoras pueden ser en forma de señales eléctricas, ópticas, acústicas, electromagnéticas u otros tipos de señales.

45 Además, el procedimiento de generación de libro de códigos como se muestra en la Figura 4 puede grabarse en medio legible por ordenador que incluye instrucciones de programa para implementar diversas operaciones incorporadas mediante un ordenador. El medio también puede incluir, solo o en combinación con las instrucciones de programa, archivos de datos, estructuras de datos y similares. Ejemplos de medios legibles por ordenador incluyen medio magnético tal como discos duros, discos flexibles y cinta magnética; medios ópticos tal como discos de CD ROM y DVD; medios magneto-ópticos tal como discos ópticos; y dispositivos de hardware que se configuran especialmente para almacenar y realizar instrucciones de programa, tal como memoria de solo lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria flash y similares. El medio también puede ser un medio de transmisión tal como líneas ópticas o metálicas, guías de ondas y similares, incluyendo una onda portadora que transmite señales que especifican las instrucciones de programa, estructuras de datos y similares. Ejemplos de instrucciones de programa incluyen tanto código de máquina, tal como producido mediante un compilador, como archivos que contienen código de nivel superior que pueden ejecutarse mediante el ordenador usando un intérprete. Los dispositivos de hardware descritos pueden configurarse para actuar como uno o más módulos de software para realizar las operaciones de las realizaciones anteriormente descritas de la presente invención.

55 Mientras se han ilustrado y descrito lo que se consideran que son realizaciones de ejemplo de la presente invención, se entenderá por los expertos en la materia que diversos cambios y modificaciones pueden hacerse a las realizaciones descritas siempre que pertenezcan al ámbito de las reivindicaciones. Por ejemplo, la disposición de antena, mostrada en las Figuras 1-3, habitualmente incluye un lado de transmisor provisto de antenas de transmisión $X_1...X_M$ y un lado de receptor provisto de N antenas receptoras $Y_1...Y_N$ para comunicar, a través de un canal inalámbrico (matriz de canal H). Para sistemas de comunicación móvil, una estación base (BS), conocida como "Nodo-B" como se especifica de acuerdo con especificaciones de 3GPP, 3GPP2 y 4G, se usa en el extremo

de transmisor para transmitir datos, a través de canales inalámbricos. Equipos de usuario (UE), habitualmente estaciones móviles (MS), se usan en el extremo de receptor para recibir datos, a través de los canales inalámbricos. Tales equipos de usuario (UE) pueden ser, por ejemplo, teléfonos móviles (microteléfonos), asistentes digitales personales (PDA) u otros dispositivos tal como tarjetas inalámbricas en ordenadores portátiles u ordenadores con conectividad inalámbrica a internet, aparatos WiFi y WiMAX etc. La red inalámbrica puede ser la de cualquiera de las tecnologías de comunicación inalámbrica, incluyendo, pero sin limitación GSM (Sistema Global para Comunicaciones Móviles), CDMA (Acceso Múltiple por División de Código), WLL (Bucle Local Inalámbrico), WAN (Red de Área Extensa), WiFi y WiMAX (Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas a base de normas IEEE 802.16), y es aplicable con muchas normas inalámbricas existentes y emergentes tal como IEEE 802.11 (para redes de área local inalámbricas), IEEE 802.16 (para redes de área metropolitana inalámbricas) y IEEE 802.02 (para acceso inalámbrico de banda ancha móvil). La estación base (BS) también puede ser un punto de acceso (AP) de IEEE 802.11 y el UE también puede ser cualquier estación cliente. Como alternativa, la estación base también puede implementarse con una GERAN (tecnología de acceso de radio de GSM/EDGE) en una UTRAN (Red de Acceso de Radio Terrestre de UMTS) usando una tecnología de acceso múltiple por división de código de banda ancha (WCDMA). Sin embargo, la invención no se limita a esas tecnologías de acceso radioeléctrico, sino que también puede aplicarse a las siguientes tecnologías de acceso radioeléctrico: GSM (Sistema Global para Comunicaciones Móviles), GPRS (Servicio General de Paquetes de Radio), E-GPRS (EDGE GPRS), CDMA2000 (CDMA, Acceso Múltiple por División de Código), US-TDMA (Acceso Múltiple por División en el Tiempo de Estados Unidos) e IS-95. Por consiguiente, se concibe, por lo tanto, que la presente invención no se limita a las diversas realizaciones de ejemplo desveladas, sino que la presente invención incluye todas las realizaciones que pertenecen al alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un terminal que comprende:

una unidad de almacenamiento de libro de códigos para almacenar un libro de códigos que incluye cada una de las matrices \mathbf{W}_i en la que i es un número natural de 1 a 8:

5

$$\mathbf{W}_1 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{W}_2 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_3 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -j & 1 & -j \\ j & 1 & -j & -1 \\ 1 & j & 1 & j \\ j & -1 & -j & 1 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_4 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & j & -1 & -j \\ -j & 1 & -j & 1 \\ -1 & j & 1 & -j \\ j & 1 & j & 1 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_5 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -j & -1 & j \\ j & 1 & j & 1 \\ -1 & -j & 1 & j \\ -j & 1 & -j & 1 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_6 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_7 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_8 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & j & 1 & j \\ -j & 1 & j & -1 \\ 1 & -j & 1 & -j \\ -j & -1 & j & 1 \end{bmatrix},$$

10 un selector para seleccionar una matriz objetivo de las matrices \mathbf{W}_i ; y una unidad de realimentación de información para realimentar información asociada con la matriz objetivo a una estación base.

2. El terminal de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el selector selecciona la matriz objetivo del libro de códigos almacenado que incluye las matrices \mathbf{W}_i a base del estado de un canal inalámbrico formado entre el terminal y la estación base.

15 3. El terminal de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el selector selecciona la matriz objetivo del libro de códigos almacenado que incluye las matrices \mathbf{W}_i a base de una tasa de transmisión de datos alcanzable.

4. El terminal de acuerdo con la reivindicación 1, en el que \mathbf{W}_i es una matriz de precodificación rotada.

5. El terminal de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el selector selecciona la matriz objetivo del libro de códigos almacenado que incluye las matrices \mathbf{W}_i , y selecciona al menos un vector de columna de vectores de

columna incluidos en la matriz objetivo seleccionada, y la unidad de realimentación de información realimenta a la estación base información asociada con la matriz objetivo seleccionada e información asociada con el al menos un vector de columna seleccionado.

5 6. El terminal de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la unidad de realimentación de información realimenta a la estación base información de índice de la matriz objetivo seleccionada e información de índice del al menos un vector de columna seleccionado.

7. Un procedimiento de operación de un terminal, que comprende:

recibir una señal piloto transmitida desde una estación base

almacenar un libro de códigos que incluye cada una de las matrices \mathbf{W}_i en la que i es un número natural de 1 a 8:

10

$$\mathbf{W}_1 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{W}_2 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_3 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -j & 1 & -j \\ j & 1 & -j & -1 \\ 1 & j & 1 & j \\ j & -1 & -j & 1 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_4 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & j & -1 & -j \\ -j & 1 & -j & 1 \\ -1 & j & 1 & -j \\ j & 1 & j & 1 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_5 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -j & -1 & j \\ j & 1 & j & 1 \\ -1 & -j & 1 & j \\ -j & 1 & -j & 1 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_6 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_7 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{W}_8 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & j & 1 & j \\ -j & 1 & j & -1 \\ 1 & -j & 1 & -j \\ -j & -1 & j & 1 \end{bmatrix}.$$

15

seleccionar una matriz objetivo del libro de códigos almacenado que incluye las matrices \mathbf{W}_i en respuesta a la señal piloto; y
realimentar información asociada con la matriz objetivo a la estación base.

8. Una estación base que comprende:

una unidad de almacenamiento de libro de códigos para almacenar un libro de códigos que incluye cada una de las matrices \mathbf{W}_i en la que i es un número natural de 1 a 8:

20

$$W_1 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}, \quad W_2 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 \end{bmatrix},$$

$$W_3 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -j & 1 & -j \\ j & 1 & -j & -1 \\ 1 & j & 1 & j \\ j & -1 & -j & 1 \end{bmatrix},$$

$$W_4 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & j & -1 & -j \\ -j & 1 & -j & 1 \\ -1 & j & 1 & -j \\ j & 1 & j & 1 \end{bmatrix},$$

$$W_5 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -j & -1 & j \\ j & 1 & j & 1 \\ -1 & -j & 1 & j \\ -j & 1 & -j & 1 \end{bmatrix},$$

$$W_6 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix},$$

$$W_7 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix},$$

$$W_8 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & j & 1 & j \\ -j & 1 & j & -1 \\ 1 & -j & 1 & -j \\ -j & -1 & j & 1 \end{bmatrix}.$$

- 5 un receptor de información para recibir información asociada con una matriz seleccionada por un terminal del libro de códigos almacenado que incluye las matrices W_i ;
 un selector de matriz para seleccionar una matriz de precodificación a base de información asociada con la matriz seleccionada; y
 un precodificador para realizar precodificación en un flujo de datos a transmitir usando la matriz de precodificación seleccionada.
- 10 9. La estación base de acuerdo con la reivindicación 8, en la que:
- el receptor de información recibe información asociada con matrices que corresponden a una pluralidad de terminales, en los que se seleccionan las matrices por la pluralidad de terminales respectivamente, y
 el selector de matriz selecciona la matriz de precodificación a base de información asociada con las matrices que corresponden a la pluralidad de terminales.
- 15 10. La estación base de acuerdo con la reivindicación 9, en la que el selector de matriz selecciona la matriz de precodificación de acuerdo con un esquema de Control de Tasa Unitaria por Usuario (PU2RC).
11. Un procedimiento de operación de una estación base, que comprende:
- almacenar un libro de códigos que incluye cada una de las matrices W_i en la que i es un número natural de 1 a 8:

$$\mathbf{W}_1 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{W}_2 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{W}_3 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -j & 1 & -j \\ j & 1 & -j & -1 \\ 1 & j & 1 & j \\ j & -1 & -j & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{W}_4 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & j & -1 & -j \\ -j & 1 & -j & 1 \\ -1 & j & 1 & -j \\ j & 1 & j & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{W}_5 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -j & -1 & j \\ j & 1 & j & 1 \\ -1 & -j & 1 & j \\ -j & 1 & -j & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{W}_6 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{W}_7 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{W}_8 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & j & 1 & j \\ -j & 1 & j & -1 \\ 1 & -j & 1 & -j \\ -j & -1 & j & 1 \end{bmatrix}$$

- 5 seleccionar una matriz de precodificación del libro de códigos almacenado que incluye las matrices \mathbf{W}_i ; y realizar precodificación en un flujo de datos a transmitir usando la matriz de precodificación seleccionada.

12. Un sistema de comunicación que comprende:

un terminal configurado para almacenar un libro de códigos que incluye cada una de las matrices \mathbf{W}_i en la que i es un número natural de 1 a 8:

$$\mathbf{W}_1 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{W}_2 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{W}_3 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -j & 1 & -j \\ j & 1 & -j & -1 \\ 1 & j & 1 & j \\ j & -1 & -j & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{W}_4 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & j & -1 & -j \\ -j & 1 & -j & 1 \\ -1 & j & 1 & -j \\ j & 1 & j & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{W}_5 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -j & -1 & j \\ j & 1 & j & 1 \\ -1 & -j & 1 & j \\ -j & 1 & -j & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{W}_6 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{W}_7 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{W}_8 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & j & 1 & j \\ -j & 1 & j & -1 \\ 1 & -j & 1 & -j \\ -j & -1 & j & 1 \end{bmatrix}$$

- 5 y configurado para seleccionar una matriz objetivo del libro de códigos almacenado que incluye las matrices \mathbf{W}_i en respuesta a una señal piloto, y para realimentar información asociada con la matriz objetivo; y una estación base configurada para almacenar cada una de las matrices \mathbf{W}_k en la que k es un número natural de 1 a 8:

$$\mathbf{W}_1 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{W}_2 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{W}_3 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -j & 1 & -j \\ j & 1 & -j & -1 \\ 1 & j & 1 & j \\ j & -1 & -j & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{W}_4 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & j & -1 & -j \\ -j & 1 & -j & 1 \\ -1 & j & 1 & -j \\ j & 1 & j & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{W}_5 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -j & -1 & j \\ j & 1 & j & 1 \\ -1 & -j & 1 & j \\ -j & 1 & -j & 1 \end{bmatrix}$$

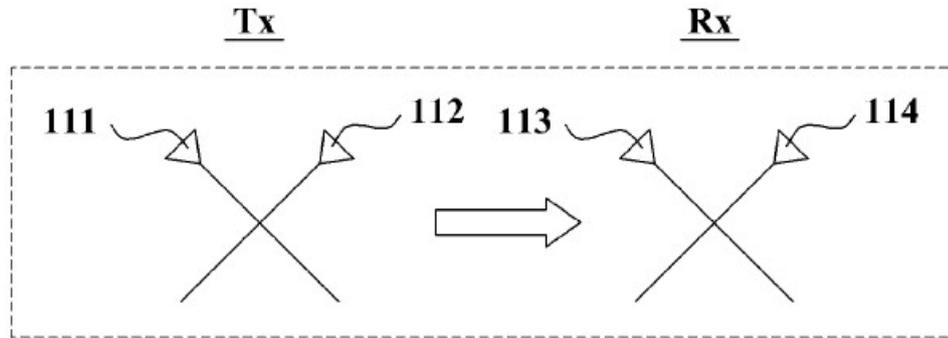
$$\mathbf{W}_6 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{W}_7 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

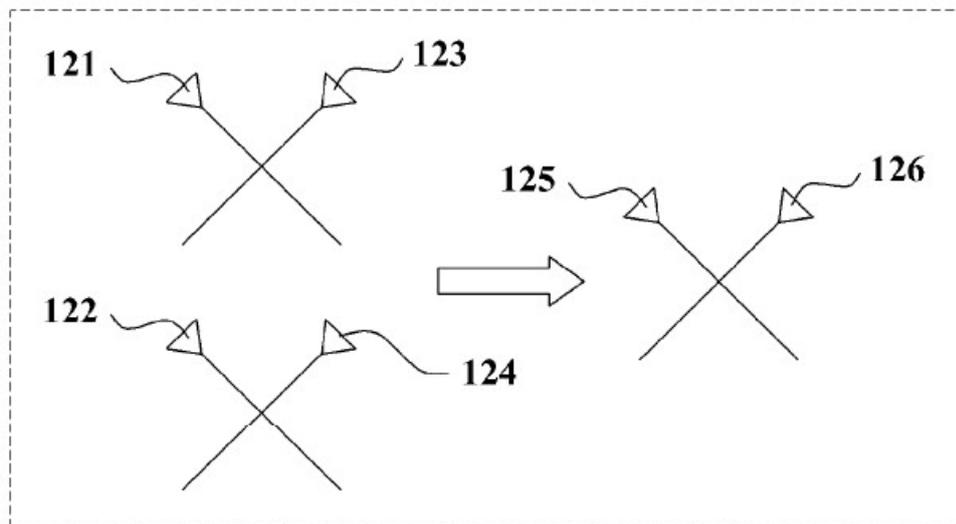
$$\mathbf{W}_s = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & j & 1 & j \\ -j & 1 & j & -1 \\ 1 & -j & 1 & -j \\ -j & -1 & j & 1 \end{bmatrix},$$

- 5 y configurada para recibir información asociada con la matriz objetivo seleccionada por el terminal, y para seleccionar una matriz de precodificación del libro de códigos almacenado que incluye las matrices \mathbf{W}_k , a base de la información asociada con la matriz objetivo seleccionada, y para realizar precodificación en un flujo de datos a transmitir usando la matriz de precodificación seleccionada.

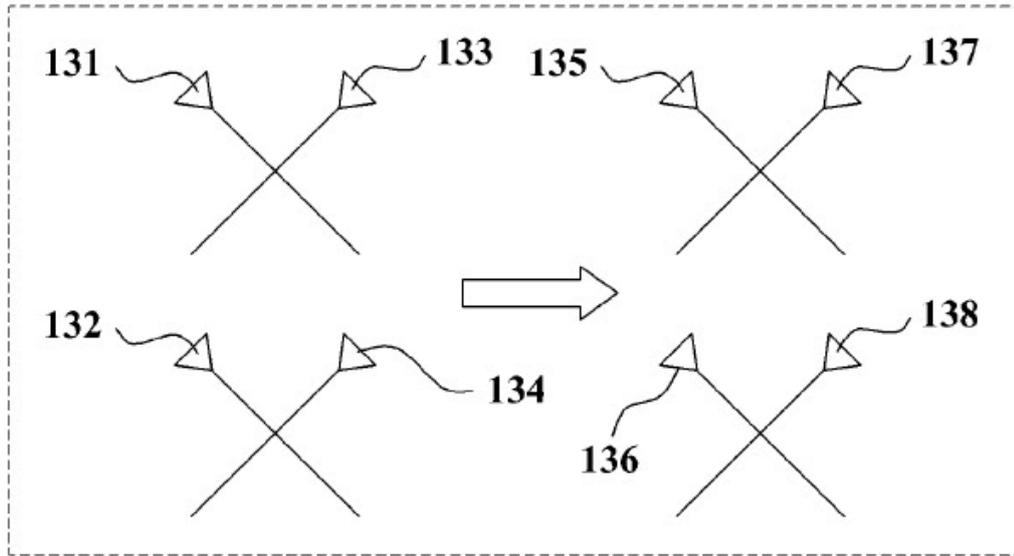
[Fig. 1]



[Fig. 2]



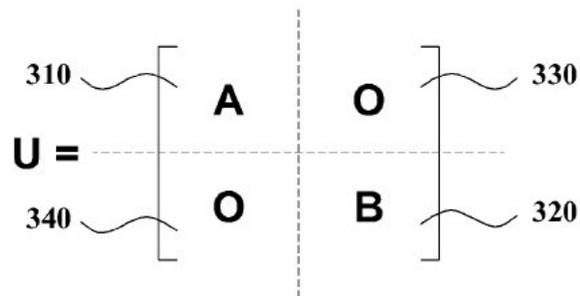
[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]



[Fig. 6]

$$\mathbf{W}_{\text{BD},1} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{W}_{\text{BD},2} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ j & -j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & j & -j \end{bmatrix}$$

[Fig. 7]

