

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 652 587**

51 Int. Cl.:

H04B 7/0452 (2007.01)

H04B 7/0456 (2007.01)

H04L 1/06 (2006.01)

H04L 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.11.2008** **PCT/KR2008/006832**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.05.2009** **WO09066936**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2008** **E 08852080 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.09.2017** **EP 2220781**

54 Título: **Libro de códigos para sistema de múltiple entrada múltiple salida de múltiples usuarios y dispositivo de comunicación que usa el libro de códigos**

30 Prioridad:

21.11.2007 CN 200710186649
09.06.2008 KR 20080053697

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.02.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

CHOI, JOON-IL y
ZHOU, YONGXING

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 652 587 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

Libro de códigos para sistema de múltiple entrada múltiple salida de múltiples usuarios y dispositivo de comunicación que usa el libro de códigos

[Campo técnico]

- 5 La siguiente descripción se refiere a un procedimiento de diseño de un libro de códigos y un sistema que usa el mismo, y más particularmente, un procedimiento de diseño de libro de códigos de Múltiple Entrada Múltiple Salida de múltiples usuarios (MU-MIMO) y un sistema de comunicación y dispositivo que usan el mismo.

[Antecedentes de la técnica]

- 10 Actualmente, se están realizando muchas investigaciones con respecto a las tecnologías para proporcionar diversos tipos de servicios multimedia que incluyen servicios de voz y para soportar transmisión de datos de alta calidad y alta velocidad en un entorno de comunicación inalámbrica. Por ejemplo, se encuentran en rápido desarrollo las tecnologías asociadas con un sistema de comunicación de Múltiple Entrada Múltiple Salida (MIMO) que usa múltiples canales.

- 15 En general, un sistema de comunicación de MIMO utiliza una estación base, y puede clasificarse en un sistema de MIMO de múltiples usuarios (MU) MIMO que comprende una pluralidad de usuarios y una única estación base, y un sistema de MIMO de único usuario (SU) que comprende un único usuario y una única estación base.

En un sistema de comunicación de MIMO, una estación base y los terminales pueden usar un libro de códigos. Un cierto espacio puede cuantificarse en una pluralidad de vectores. La pluralidad de vectores generados cuantificando el espacio particular pueden almacenarse en la estación base y en los terminales como el libro de códigos.

- 20 Por ejemplo, cada uno de los terminales puede seleccionar cualquiera de una matriz o un vector de la pluralidad de matrices o vectores incluidos en el libro de códigos, basándose en un canal que está formado entre la estación base y cada uno de los terminales. La estación base puede reconocer también la matriz o vector seleccionado basándose en el libro de códigos. La matriz o vector seleccionado puede usarse para generar una señal de transmisión.

- 25 Se ha realizado un número de estudios para un libro de códigos usado en un sistema de SU-MIMO. Sin embargo, existe una necesidad de un estudio adicional de un libro de códigos usado en un sistema de MU-MIMO. Por ejemplo, en un caso donde una célula de una estación base incluye una pluralidad de sectores, existe una necesidad para un libro de códigos optimizado para uso en un sistema de MU-MIMO .

[Divulgación]

[Problema técnico]

- 30 Una realización ejemplar puede reducir un número de bits de realimentación reduciendo el tamaño de un libro de códigos.

[Solución técnica]

- 35 De acuerdo con un aspecto, un procedimiento de diseño de libro de códigos de Múltiple Entrada Múltiple Salida de múltiples usuarios (MU-MIMO) comprende analizar patrones de haz de vectores candidatos incluidos en un libro de códigos de candidatos predeterminado, y eliminar al menos uno de los vectores candidatos basándose en los patrones de haz de los vectores candidatos para generar el libro de códigos de MU-MIMO para un sistema de MU-MIMO que está comprendido de los vectores restantes.

- 40 El procedimiento puede comprender adicionalmente optimizar el libro de códigos de MU-MIMO basándose en interferencias existentes entre los vectores restantes. La invención se define por las reivindicaciones independientes adjuntas 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15. Se describen realizaciones adicionales en las reivindicaciones dependientes 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14. Otras características se harán evidentes para los expertos en la materia a partir de la siguiente descripción detallada, que, tomada en conjunto con los dibujos adjuntos, desvelan realizaciones ejemplares de la invención.

[Descripción de los dibujos]

- 45 La Figura 1 es un diagrama que ilustra un sistema de Múltiple Entrada Múltiple Salida de múltiples usuarios (MU-MIMO) de acuerdo con una realización ejemplar.
La Figura 2 es un diagrama de flujo de operación que ilustra un procedimiento de diseño de libro de códigos de MU-MIMO de acuerdo con una realización ejemplar.
La Figura 3 es un diagrama que ilustra patrones de haz de $u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7, u_8$ incluidos en un libro de
50 códigos definido en la Evolución a Largo Plazo del Proyecto Común de Tecnologías Inalámbricas de la 3ª Generación (LTE de 3GPP).
La Figura 4 es un diagrama que ilustra patrones de haz de $u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7, u_8, u_9, u_{10}, u_{11}, u_{12}, u_{13}, u_{14}, u_{15}$,

u_{16} incluidos en el libro de códigos de la Transformada de Fourier Discreta (DFT) de 4 bits.

La Figura 5 es un diagrama de flujo de operación que ilustra un procedimiento para operar una estación base de acuerdo con una realización ejemplar.

5 La Figura 6 es un diagrama de flujo de operación que ilustra un procedimiento para operar un terminal de acuerdo con una realización ejemplar.

A través de todos los dibujos y la descripción detallada, a menos que se describa de otra manera, los mismos números de referencia de dibujos se entenderá que hacen referencia a los mismos elementos, características y estructuras.

[Modo para la invención]

10 La siguiente descripción detallada se proporciona para ayudar al lector a obtener un entendimiento comprensivo de los procedimientos, aparatos y/o sistemas descritos en el presente documento. Por consiguiente, diversos cambios, modificaciones, y equivalentes de los sistemas, aparatos y/o procedimientos descritos en el presente documento se sugerirán para los expertos en la materia. También, las descripciones de funciones y construcciones bien conocidas se omiten para aumentar la claridad y concisión.

15 La Figura 1 ilustra un sistema de Múltiple Entrada Múltiple Salida de múltiples usuarios (MU-MIMO) de acuerdo con una realización ejemplar.

Haciendo referencia a la Figura 1, el sistema de MU-MIMO comprende una estación 110 base, y una pluralidad de usuarios 120, 130 y 140. Una pluralidad de antenas están instaladas en la estación 110 base, y una única antena o una pluralidad de antenas pueden instalarse en cada uno de la pluralidad de usuarios 120, 130 y 140. Un canal se
20 forma entre la estación 110 base y la pluralidad de usuarios 120, 130 y 140, y la estación 110 base y la pluralidad de usuarios 120, 130 y 140 transmiten/reciben señales a través del canal formado.

La estación 110 base puede transmitir al menos un flujo de datos a la pluralidad de usuarios 120, 130 y 140. La estación 110 base puede realizar formación de haces en el flujo de datos de acuerdo con, por ejemplo, un esquema de Acceso por Multiplexación por División Espacial (SDMA). La estación 110 base puede generar una matriz de

25 $\{\mathbf{u}_i\}_{i=1}^{2^B}$ precodificación $\mathbf{W}_k$ usando un libro de códigos $\mathbf{W}_k$, y también generar las señales de transmisión usando la matriz de precodificación generada $\mathbf{W}_k$.

La estación 110 base transmite señales piloto a la pluralidad de usuarios 120, 130 y 140 a través de un canal de enlace descendente. En este punto, las señales piloto son señales bien conocidas para la estación 110 base y la pluralidad de usuarios 120, 130 y 140.

30 Cada uno de la pluralidad de usuarios 120, 130 y 140 estima el canal formado entre la estación 110 base y la pluralidad de usuarios 120, 130 y 140 usando las señales piloto. También, la pluralidad de usuarios 120, 130 y 140 selecciona, como un vector preferido, un vector cualquiera de los vectores incluidos en un libro de códigos previamente almacenado basándose en el canal estimado. En este punto, $\mathbf{u}_i$ es un vector de orden i incluido en el libro de códigos, y B es un número de bits de realimentación. Específicamente, cuando el número de bits de
35 realimentación es B bits, se almacenan 2^B vectores generados cuantificando un espacio en el libro de códigos. Cada uno de todos los usuarios puede tener un número idéntico de bits de realimentación, sin embargo, puede tener el número de bits de realimentación que es diferente para cada uno de los usuarios de acuerdo con diversos factores tales como diferentes entornos del canal de los usuarios, Relación de Señal a Ruido e Interferencia (SINR), y similares de una manera más optimizada.

40 También, como un vector preferido cada uno de la pluralidad de usuarios 120, 130 y 140 puede seleccionar un vector cualquiera de 2^B vectores como un vector preferido con una diversidad de normas.

Por ejemplo, cada uno de la pluralidad de usuarios 120, 130 y 140 puede seleccionar un vector cualquiera de 2^B vectores como el vector preferido basándose en una tasa de transmisión de datos conseguible y la SINR. Además, cada uno de la pluralidad de usuarios 120, 130 y 140 puede determinar un rango de transmisión preferido. En este
45 punto, el rango de transmisión indica un número de flujos de datos. Específicamente, los vectores que corresponden a un número de flujos de datos de entre 2^B vectores pueden seleccionarse como los vectores preferidos.

También, cada uno de los usuarios 120, 130 y 140 realimenta información asociada con el vector preferido seleccionado a la estación 110 base. En este punto, la información asociada con el vector preferido seleccionado puede denominarse como una Información de Dirección de Canal (CDI).

50 La estación 110 base recibe la información asociada con los vectores preferidos de cada uno de la pluralidad de usuarios 120, 130 y 140 para determinar una matriz de precodificación. Además, la estación 110 base puede seleccionar una parte o toda la pluralidad de usuarios 120, 130 y 140 usando diversos algoritmos de selección de usuario tal como Selección de Usuario Semi-ortogonal (SUS), Selección de Usuario Voraz (GUS) y similares.

En este caso, un libro de códigos idéntico al libro de códigos almacenado en la pluralidad de usuarios 120, 130 y 140 puede almacenarse en la estación 110 base con antelación.

La estación 110 base determina una matriz de precodificación a partir del libro de códigos previamente almacenado usando información asociada con el vector preferido recibido desde la pluralidad de usuarios 120, 130 y 140. La estación 110 base puede determinar la matriz de precodificación de manera que se maximiza una tasa de suma.

5 También, la estación 110 base realiza precodificación en los flujos de datos S_1 y S_N usando la matriz de precodificación determinada para generar de esta manera las señales de transmisión. En este punto, un procedimiento para generar las señales de transmisión por la estación 110 base puede denominarse como 'formación de haces'.

10 En LTE de 3GPP (Evolución a Largo Plazo del Proyecto Común de Tecnologías Inalámbricas de la 3ª Generación), un libro de códigos de MU-MIMO para el sistema de MU-MIMO puede diseñarse rediseñando un libro de códigos (en lo sucesivo, denominado como libro de códigos de SU-MIMO de RANGO 1) para el sistema de SU-MIMO usado donde una RANGO es '1'.

15 El libro de códigos de SU-MIMO de RANGO 1 definido en la LTE de 3GPP incluye 16 vectores numerados donde un número de bits de realimentación es 4. En este punto, pueden agruparse 16 vectores numerados en cuatro matrices unitarias M_1 , M_2 , M_3 y M_4 , y el libro de códigos de SU-MIMO de RANGO 1 puede representarse por

[Ecuación 1]

$$M_1 = [u_1 \ u_2 \ u_3 \ u_4],$$

$$M_2 = [u_5 \ u_6 \ u_7 \ u_8],$$

$$M_3 = [u_9 \ u_{10} \ u_{11} \ u_{12}], \text{ y}$$

$$M_4 = [u_{13} \ u_{14} \ u_{15} \ u_{16}],$$

20 en la que

$$u_1 = \frac{1}{2} [1 \ 1 \ 1 \ 1]^T \quad u_2 = \frac{1}{2} [1 \ j \ -1 \ -j]^T,$$

$$u_3 = \frac{1}{2} [1 \ -1 \ 1 \ -1]^T \quad u_4 = \frac{1}{2} [1 \ -j \ -1 \ j]^T \quad u_5 = \frac{1}{2} [1 \ e^{j\frac{\pi}{4}} \ j \ e^{j\frac{3\pi}{4}}]^T,$$

$$u_6 = \frac{1}{2} [1 \ e^{j\frac{3\pi}{4}} \ -j \ e^{j\frac{\pi}{4}}]^T \quad u_7 = \frac{1}{2} [1 \ e^{j\frac{5\pi}{4}} \ j \ e^{-j\frac{\pi}{4}}]^T,$$

$$u_8 = \frac{1}{2} [1 \ e^{-j\frac{\pi}{4}} \ -j \ e^{j\frac{5\pi}{4}}]^T \quad u_9 = \frac{1}{2} [1 \ 1 \ -1 \ -1]^T,$$

$$u_{10} = \frac{1}{2} [1 \ j \ 1 \ j]^T \quad u_{11} = \frac{1}{2} [1 \ -1 \ -1 \ 1]^T,$$

$$u_{12} = \frac{1}{2} [1 \ -j \ 1 \ -j]^T \quad u_{13} = \frac{1}{2} [1 \ 1 \ 1 \ -1]^T,$$

$$\mathbf{u}_{14} = \frac{1}{2} [1 \quad 1 \quad -1 \quad 1]^T, \quad \mathbf{u}_{15} = \frac{1}{2} [1 \quad -1 \quad 1 \quad 1]^T, \quad \text{y}$$

$$\mathbf{u}_{16} = \frac{1}{2} [1 \quad -1 \quad -1 \quad -1]^T.$$

La ecuación 1 indica el libro de códigos de SU-MIMO de RANGO 1 definido en la LTE de 3GPP, y M_1 y M_2 son matrices de DFT. Las matrices de DFT pueden estar en una buena adaptación con un canal de Línea de Sitio (LOS).

- 5 Sin embargo, M_3 y M_4 son matrices que pueden no ser adecuadas para el sistema de MU-MIMO. También, M_1 y M_2 en lugar de M_3 y M_4 pueden ser adecuadas para el sistema de MU-MIMO, sin embargo, M_1 y M_2 pueden no estar diseñadas considerando un caso donde la estación 110 base tiene una pluralidad de sectores. Por consiguiente, cuando la estación 110 base tiene la pluralidad de sectores, aplicar M_1 y M_2 como están al sistema de MU-MIMO puede no ser adecuado.
- 10 Esto puede ser debido a que una cobertura de cada uno de la pluralidad de sectores puede reducirse en un caso donde una célula de la estación 110 base incluye la pluralidad de sectores. Por ejemplo, la cobertura de un único sector puede ser 120 grados cuando la célula incluye tres sectores y la cobertura puede ser 60 grados cuando la célula incluye seis sectores. Específicamente, cuando la célula incluye la pluralidad de sectores, aplicar M_1 y M_2 como están al sistema de MU-MIMO pueden aumentar innecesariamente un tamaño del libro de códigos. De esta
- 15 manera, el libro de códigos puede estar comprendido de únicamente vectores requeridos para cubrir la cobertura del único sector. En este caso, reduciendo el tamaño del libro de códigos, puede reducirse un número de bits de realimentación.

El libro de códigos para el sistema de SU-MIMO puede incluir el libro de códigos de DFT. Un libro de códigos de DFT de 3 bits está comprendido de $U_1 = [u_1 \ u_2 \ u_3 \ u_4]$ y $U_2 = [u_5 \ u_6 \ u_7 \ u_8]$, y un libro de códigos de DFT de 4 bits está

20 comprendido de $U_1 = [u_1 \ u_2 \ u_3 \ u_4]$, $U_2 = [u_5 \ u_6 \ u_7 \ u_8]$, $U_3 = [u_9 \ u_{10} \ u_{11} \ u_{12}]$, y $U_4 = [u_{13} \ u_{14} \ u_{15} \ u_{16}]$,

En este punto, una matriz de orden b $\mathbf{U}^{(b)}$ del libro de códigos de DFT y un vector de fila de orden $(m+1)$ $(b) \mathbf{u}_m$ de $\mathbf{u}^{(b)}$ pueden representarse por

[Ecuación 2]

$$\mathbf{U}^{(b)} = [\mathbf{u}_0^{(b)} \quad \dots \quad \mathbf{u}_{M-1}^{(b)}],$$

- 25 en la que, M indica un número de antenas de transmisión.

Cuando el número de antenas de transmisión es 4, 16 vectores numerados incluidos en el libro de códigos de DFT de 4 bits pueden representarse por

[Ecuación 3]

$$\begin{aligned}
u_1 &= [0,5 \quad 0,5 \quad 0,5 \quad 0,5]^T \\
u_2 &= [0,5 \quad 0,5j \quad -0,5 \quad -0,5j]^T \\
u_3 &= [0,5 \quad -0,5 \quad 0,5 \quad -0,5]^T \\
u_4 &= [0,5 \quad -0,5j \quad -0,5 \quad 0,5j]^T \\
u_5 &= [0,5 \quad 0,4619 + 0,1913j \quad 0,3536 + 0,3536j \quad 0,1913 + 0,4619j]^T \\
u_6 &= [0,5 \quad -0,1913 + 0,4619j \quad -0,3536 - 0,3536j \quad 0,4619 - 0,1913j]^T \\
u_7 &= [0,5 \quad -0,4619 - 0,1913j \quad 0,3536 + 0,3536j \quad -0,1913 - 0,4619j]^T \\
u_8 &= [0,5 \quad 0,1913 - 0,4619j \quad -0,3536 - 0,3536j \quad -0,4619 + 0,1913j]^T \\
u_9 &= [0,5 \quad 0,3536 + 0,3536j \quad 0,5j \quad -0,3536 + 0,3536j]^T \\
u_{10} &= [0,5 \quad -0,3536 + 0,3536j \quad -0,5j \quad 0,3536 + 0,3536j]^T \\
u_{11} &= [0,5 \quad -0,3536 - 0,3536j \quad 0,5j \quad 0,3536 - 0,3536j]^T \\
u_{12} &= [0,5 \quad 0,3536 - 0,3536j \quad -0,5j \quad -0,3536 - 0,3536j]^T \\
u_{13} &= [0,5 \quad 0,1913 + 0,4619j \quad -0,3536 + 0,3536j \quad -0,4619 - 0,1913j]^T \\
u_{14} &= [0,5 \quad -0,4619 + 0,1913j \quad 0,3536 - 0,3536j \quad -0,1913 + 0,4619j]^T \\
u_{15} &= [0,5 \quad -0,1913 - 0,4619j \quad -0,3536 + 0,3536j \quad 0,4619 + 0,1913j]^T \\
&\text{y} \\
u_{16} &= [0,5 \quad 0,4619 - 0,1913j \quad 0,3536 - 0,3536j \quad 0,1913 - 0,4619j]^T
\end{aligned}$$

- 5 El libro de códigos de DFT como se ha descrito anteriormente está diseñado sin considerar un caso donde la estación 110 base incluye la pluralidad de sectores, como el libro de códigos de SU-MIMO de RANGO 1 definido en LTE de 3GPP.

Como el libro de códigos de SU-MIMO de RANGO 1, usar el libro de códigos de DFT, como está, puede aumentar innecesariamente el tamaño del libro de códigos cuando la célula incluye la pluralidad de sectores, que puede dar como resultado que no sea adecuado.

- 10 En este caso, se describirá en el presente documento si se diseña nuevamente un libro de códigos apropiado seleccionando vectores de entre vectores incluidos en el libro de códigos de DFT original o el libro de códigos de SU-MIMO de RANGO 1 cuando la célula incluye la pluralidad de sectores.

La Figura 2 ilustra un procedimiento de diseño de libro de códigos de MU-MIMO de acuerdo con una realización ejemplar.

- 15 La Figura 3 ilustra patrones de haz de $u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7, u_8$ incluidos en un libro de códigos definido en LTE de 3GPP y la Figura 4 ilustra patrones de haz de $u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7, u_8, u_9, u_{10}, u_{11}, u_{12}, u_{13}, u_{14}, u_{15}, u_{16}$ incluidos en el libro de códigos de DFT de 4 bits.

- 20 Haciendo referencia a la Figura 2, el procedimiento de diseño de libro de códigos de MU-MIMO comprende analizar patrones de haz de vectores candidatos incluidos en un libro de códigos candidato previamente preparado en la operación S210.

En esta realización, el libro de códigos candidato es un libro de códigos para un sistema de SU-MIMO, y el libro de

códigos para el sistema SU-MIMO puede incluir el libro de códigos de DFT o un libro de códigos definido en LTE de 3GPP.

Haciendo referencia a la Figura 3, cada uno de ocho vectores incluidos en el libro de códigos definido en LTE de 3GPP tiene patrones de haz únicos. En particular, u3 de entre los ocho vectores tiene el lóbulo más ancho.

- 5 En un caso donde una célula de la estación base está comprendida de tres sectores, una cobertura de una única célula es 120 grados. En este caso, puede observarse que una cobertura de 120 que varía de 60 a -60 grados está bien cubierta usando los restantes siete vectores obtenidos eliminando u3 de entre los ocho vectores. También, una cobertura de cada uno de los tres sectores puede observarse que está bien cubierta usando los restantes siete vectores de una manera idéntica.
- 10 También, en un caso donde la célula de la estación base está comprendida de seis sectores, una cobertura de una única célula es 60 grados. En este caso, una cobertura de 60 grados que varía de 30 a -30 grados puede observarse que está bien cubierta usando u2, u5, u1, u8 o u5, u1, u8, u4.

- Haciendo referencia a la Figura 4, el libro de códigos de DFT de 4 bits está comprendido de dieciséis vectores. En un caso donde la célula de la estación base está comprendida de seis sectores, una cobertura de una única célula es 120 grados, y una cobertura de 120 grados que varía de 60 a -60 grados puede observarse que está bien cubierta usando [u14 u10 u6 u2 u13 u9 u5 u1 u16 u12 u8 u4 u15 u11] o [u10 u6 u2 u13 u9 u5 u1 u16 u12 u8 u4 u15 u11 u7].
- 15

- En consecuencia, cuando la célula de la estación base incluye la pluralidad de sectores, la cobertura del único sector puede estar bien cubierta incluso sin usar ocho vectores incluidos en el libro de códigos definido en LTE de 3GPP o los dieciséis vectores incluidos en el libro de códigos de DFT de 4 bits. Como resultado, un tamaño del libro de códigos puede reducirse, y el número de bits de realimentación puede reducirse junto con una reducción en el tamaño del libro de códigos.
- 20

- Haciendo referencia de vuelta a la Figura 2, el procedimiento de diseño de libro de códigos de MU-MIMO comprende adicionalmente eliminar al menos un vector de los vectores candidatos basándose en los patrones de haz de los vectores candidatos en la operación S220. En este punto, la operación S220 para eliminar al menos un vector puede ser una operación para eliminar al menos un vector de los vectores candidatos basándose en una cobertura de cada uno de la pluralidad de sectores.
- 25

- El procedimiento de diseño de libro de códigos de MU-MIMO comprende adicionalmente eliminar al menos un vector de los vectores candidatos de acuerdo con los patrones de haz de los vectores candidatos, y generar un libro de códigos de MU-MIMO para el sistema de MU-MIMO que está comprendido de los vectores restantes obtenidos eliminando el al menos un vector, en la operación S230.
- 30

- En un caso de la célula comprendida de la pluralidad de sectores, la operación S230 para generar el libro de códigos de MU-MIMO puede ser una operación para eliminar al menos un vector de los vectores candidatos de acuerdo con una cobertura que corresponde a cada uno de la pluralidad de sectores para generar de esta manera el libro de códigos de MU-MIMO que está comprendido de los vectores restantes.
- 35

En este punto, una cobertura de cada uno de la pluralidad de sectores puede cubrirse bien usando el libro de códigos de MU-MIMO que es idéntico para cada uno de la pluralidad de sectores.

- En el caso de la célula comprendida de la pluralidad de sectores, la operación S230 para generar el libro de códigos de MU-MIMO puede ser una operación para generar el libro de códigos de MU-MIMO para cubrir bien un único sector por los vectores restantes.
- 40

También, la operación S230 para generar el libro de códigos de MU-MIMO puede ser una operación para eliminar al menos un vector de los vectores candidatos en el orden desde una anchura de haz más grande de los vectores candidatos para generar de esta manera el libro de códigos de MU-MIMO que está comprendido de los vectores restantes.

- 45 Como un ejemplo, la operación S230 puede generar el libro de códigos de MU-MIMO como [u2 u5 u1 u8] o [u5 u1 u8 u4] donde la célula está comprendida de tres sectores y el libro de códigos candidato previamente preparado es el libro de códigos para el sistema de SU-MIMO definido en LTE de 3GPP. En este punto,

$$\mathbf{u}_1 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}^T \quad \mathbf{u}_2 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & j & -1 & -j \end{bmatrix}^T$$

$$\mathbf{u}_4 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -j & -1 & j \end{bmatrix}^T \quad \mathbf{u}_5 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{\pi}{4}} & j & e^{j\frac{3\pi}{4}} \end{bmatrix}^T$$

y

$$\mathbf{u}_8 = \frac{1}{2} [1 \quad e^{-j\frac{\pi}{4}} \quad -j \quad e^{j\frac{5\pi}{4}}]^T$$

Como otro ejemplo, la operación S230 para generar el libro de códigos de MU-MIMO puede generar el libro de códigos de MU-MIMO como [u2 u5 u1 u8] o [u5 u1 u8 u4] donde la célula está comprendida de seis sectores y el libro de códigos candidato previamente preparado es el libro de códigos para el sistema de MU-MIMO definido en la LTE de 3GPP. En este punto,

5

$$\mathbf{u}_1 = \frac{1}{2} [1 \quad 1 \quad 1 \quad 1]^T \quad \mathbf{u}_2 = \frac{1}{2} [1 \quad j \quad -1 \quad -j]^T \quad \mathbf{u}_4 = \frac{1}{2} [1 \quad -j \quad -1 \quad j]^T$$

$$\mathbf{u}_5 = \frac{1}{2} [1 \quad e^{j\frac{\pi}{4}} \quad j \quad e^{j\frac{3\pi}{4}}]^T \quad \mathbf{u}_8 = \frac{1}{2} [1 \quad e^{-j\frac{\pi}{4}} \quad -j \quad e^{j\frac{5\pi}{4}}]^T$$

y

Como otro ejemplo, la operación S230 para generar el libro de códigos de MU-MIMO puede generar el libro de códigos de MU-MIMO como [u14 u10 u6 u2 u13 u9 u5 u1 u16 u12 u8 u4 u15 u11] o [u10 u6 u2 u13 u9 u5 u1 u16 u12 u8 u4 u15 u11 u7] donde la célula está comprendida de tres sectores y el libro de códigos candidato previamente preparado es el libro de códigos de DFT de 4 bits. En este punto,

10

$$u_1 = [0,5 \quad 0,5 \quad 0,5 \quad 0,5]^T,$$

$$u_2 = [0,5 \quad 0,5j \quad -0,5 \quad -0,5j]^T,$$

$$u_4 = [0,5 \quad -0,5j \quad -0,5 \quad 0,5j]^T,$$

$$u_5 = [0,5 \quad 0,4619 + 0,1913j \quad 0,3536 + 0,3536j \quad 0,1913 + 0,4619j]^T,$$

$$u_6 = [0,5 \quad -0,1913 + 0,4619j \quad -0,3536 - 0,3536j \quad 0,4619 - 0,1913j]^T,$$

$$u_7 = [0,5 \quad -0,4619 - 0,1913j \quad 0,3536 + 0,3536j \quad -0,1913 - 0,4619j]^T,$$

$$u_8 = [0,5 \quad 0,1913 - 0,4619j \quad -0,3536 - 0,3536j \quad -0,4619 + 0,1913j]^T,$$

$$u_9 = [0,5 \quad 0,3536 + 0,3536j \quad 0,5j \quad -0,3536 + 0,3536j]^T,$$

$$u_{10} = [0,5 \quad -0,3536 + 0,3536j \quad -0,5j \quad 0,3536 + 0,3536j]^T,$$

$$u_{11} = [0,5 \quad -0,3536 - 0,3536j \quad 0,5j \quad 0,3536 - 0,3536j]^T,$$

$$u_{12} = [0,5 \quad 0,3536 - 0,3536j \quad -0,5j \quad -0,3536 - 0,3536j]^T,$$

$$u_{13} = [0,5 \quad 0,1913 + 0,4619j \quad -0,3536 + 0,3536j \quad -0,4619 - 0,1913j]^T,$$

$$u_{14} = [0,5 \quad -0,4619 + 0,1913j \quad 0,3536 - 0,3536j \quad -0,1913 + 0,4619j]^T,$$

$$u_{15} = [0,5 \quad -0,1913 - 0,4619j \quad -0,3536 + 0,3536j \quad 0,4619 + 0,1913j]^T,$$

y

$$\mathbf{u}_{16} = [0,5 \quad 0,4619 - 0,1913j \quad 0,3536 - 0,3536j \quad 0,1913 - 0,4619j]^T$$

Como otro ejemplo, la operación S230 para generar el libro de códigos de MU-MIMO puede generar el libro de códigos de MU-MIMO como [u2 u13 u9 u5 u1 u16 u12 u8] o [u13 u9 u5 u1 u16 u12 u8 u4] donde la célula está comprendida de seis sectores y el libro de códigos candidato previamente preparado es el libro de códigos de DFT de 4 bits.

En este punto, $\mathbf{u}_1 = [0,5 \ 0,5 \ 0,5 \ 0,5]^T$,

$$\mathbf{u}_2 = [0,5 \quad 0,5j \quad -0,5 \quad -0,5j]^T$$

$$\mathbf{u}_4 = [0,5 \quad -0,5j \quad -0,5 \quad 0,5j]^T$$

$$\mathbf{u}_5 = [0,5 \quad 0,4619 + 0,1913j \quad 0,3536 + 0,3536j \quad 0,1913 + 0,4619j]^T$$

$$\mathbf{u}_8 = [0,5 \quad 0,1913 - 0,4619j \quad -0,3536 - 0,3536j \quad -0,4619 + 0,1913j]^T$$

$$\mathbf{u}_9 = [0,5 \quad 0,3536 + 0,3536j \quad 0,5j \quad -0,3536 + 0,3536j]^T$$

$$\mathbf{u}_{12} = [0,5 \quad 0,3536 - 0,3536j \quad -0,5j \quad -0,3536 - 0,3536j]^T$$

$$\mathbf{u}_{13} = [0,5 \quad 0,1913 + 0,4619j \quad -0,3536 + 0,3536j \quad -0,4619 - 0,1913j]^T$$

y

$$\mathbf{u}_{16} = [0,5 \quad 0,4619 - 0,1913j \quad 0,3536 - 0,3536j \quad 0,1913 - 0,4619j]^T$$

- 10 Por consiguiente, el procedimiento de diseño de libro de códigos de MU-MIMO de acuerdo con una realización ejemplar puede seleccionar de manera apropiada vectores basándose en un número de sectores incluidos en la célula y una cobertura de cada uno de los sectores, minimizando de esta manera un tamaño del libro de códigos mientras se cubre bien la cobertura de cada uno de los sectores.

- 15 Haciendo referencia de vuelta a la Figura 2, el procedimiento de diseño de libro de códigos de MU-MIMO comprende adicionalmente optimizar el libro de códigos de MU-MIMO basándose en interferencias generadas entre los vectores restantes en la operación S240.

- La operación S240 para optimizar el libro de códigos de MU-MIMO puede ser una operación para seleccionar una parte o todos los vectores restantes dependiendo de un número predeterminado de bits de realimentación basándose en la interferencia generada entre los vectores restantes. Además, la operación S240 para optimizar el libro de códigos de MU-MIMO puede ser una operación para calcular la SINR de los vectores restantes basándose en las interferencias generadas entre los vectores restantes, y seleccionar una parte o todos los vectores restantes basándose en la SINR de los vectores restantes.
- 20

Un tamaño del libro de códigos de MU-MIMO, es decir, un número de vectores incluidos en el libro de códigos de MU-MIMO puede determinarse dependiendo de un número de bits de realimentación. Por ejemplo, cuando el

número de bits de realimentación es 3, el número de vectores incluido en el libro de códigos de MU-MIMO puede limitarse a 8 o menor, y cuando el número de bits de realimentación es 4, el número de vectores incluidos en el libro de códigos de MU-MIMO puede limitarse a 16 o menor.

5 Por consiguiente, el libro de códigos de MU-MIMO generado a través de la operación S230 para generar el libro de códigos de MU-MIMO puede ajustarse u optimizarse en tamaño dependiendo del número de bits de realimentación. En este caso, el libro de códigos de MU-MIMO está comprendido de los vectores restantes obtenidos eliminando al menos un vector de los vectores candidatos.

10 Una métrica usada para optimizar el libro de códigos de MU-MIMO puede determinarse basándose en una Relación de Señal a Interferencia (SIR). En particular, $SIR_{i,j}$, es decir, una SIR de un haz de orden i con respecto a un haz de orden j puede representarse por

[Ecuación 4]

$$SIR_{i,j} = \min_{\theta \in \alpha_i} \left| \frac{A_i(\theta)}{A_j(\theta)} \right|^2$$

$$A_i(\theta) = \left| \text{espacio}(\theta) \mathbf{u}_i^H \right|$$

, y

$$\text{espacio}(\theta) = \left[1, e^{-j \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \theta}, \dots, e^{-j \frac{2\pi}{\lambda} (n-1) d \sin \theta}, \dots, e^{-j \frac{2\pi}{\lambda} (N-1) d \sin \theta} \right]$$

15 en el que α_i indica un intervalo de ángulo de espacio en el que se maximiza la ganancia de formación de haces de un haz de orden i , θ indica un elemento incluido en α_i , $A_i(\theta)$ indica la ganancia de formación de haces del haz de orden i , λ indica una longitud de onda, d indica un intervalo entre antenas de transmisión, n indica un índice de las antenas de transmisión, y N indica un número de antenas de transmisión.

20 Puesto que los haces físicamente adyacentes no se usan simultáneamente en un sistema de Acceso Múltiple por División del Espacio (SDMA) o el sistema de MU-MIMO, una SIR entre los haces adyacentes puede considerarse como '1'.

$SIR_{i,j}$ puede calcularse con respecto a cada uno de los vectores incluidos en el libro de códigos de MU-MIMO generados a través de la operación S230 para generar el libro de códigos de MU-MIMO. También, puede determinarse la $SIR_{\min}$ de un valor mínimo de entre la $SIR_{i,j}$ calculada con respecto a cada uno de los subconjuntos del libro de códigos de MU-MIMO.

25 Un subconjunto que corresponde a un valor máximo de $SIR_{\min}$ calculada con respecto a cada uno de los subconjuntos del libro de códigos de MU-MIMO y que tiene un tamaño que corresponde al número de bits de realimentación puede seleccionarse como un libro de códigos de MU-MIMO optimizado.

30 Por ejemplo, en un caso del libro de códigos de DFT de 4 bits, se supone que puede generarse [$U_{14} U_{10} U_6 U_2 U_{13} U_9 U_5 U_1 U_{16} U_{12} U_8 U_4 U_{15} U_{11}$] o [$U_{10} U_6 U_2 U_{13} U_9 U_5 U_1 U_{16} U_{12} U_8 U_4 U_{15} U_{11} U_7$] como el libro de códigos de MU-MIMO a través de la operación S230 para generar el libro de códigos de MU-MIMO. Cuando el número de bits de realimentación está limitado 3, el número de vectores incluidos en el libro de códigos de MU-MIMO puede limitarse a 8 o menor. Cuando el número de vectores incluidos en el libro de códigos de MU-MIMO es 8, pueden existir C_{14}^8 sub-conjuntos numerados. En este caso, puede calcularse la $SIR_{i,j}$ con respecto a vectores incluidos en cada uno de los subconjuntos, y puede determinarse la $SIR_{\min}$ con respecto a cada uno de los subconjuntos. También, un subconjunto que corresponde a un valor máximo de $SIR_{\min}$ con respecto a cada uno de los subconjuntos puede ser un libro de códigos de MU-MIMO optimizado.

35 La Figura 5 ilustra un procedimiento para operar una estación base de acuerdo con una realización ejemplar, y la Figura 6 ilustra un procedimiento para operar un terminal de acuerdo con una realización ejemplar.

40 Haciendo referencia a la Figura 5, en la operación S510, la estación base almacena un libro de códigos de MU-MIMO diseñado de acuerdo con una realización ejemplar anteriormente descrita.

Haciendo referencia a la Figura 6, en la operación S610, el terminal almacena el libro de códigos de MU-MIMO como la estación base.

En la operación S520, la estación base transmite, a una pluralidad de terminales, señales de piloto que han sido bien conocidas para la pluralidad de terminales.

- 5 En la operación S620, el terminal estima un canal formado entre la estación base y el terminal que usa las señales piloto. En este caso, el terminal puede determinar la calidad y dirección del canal.

- 10 En la operación S630, el terminal transmite datos de realimentación, es decir, información asociada con el canal estimado a la estación base. Un número de bits de los datos de realimentación puede determinarse con antelación, y el número de bits de realimentación puede asociarse con un tamaño del libro de códigos. En particular, los datos de realimentación pueden incluir información de índice de un vector preferido de entre una pluralidad de vectores incluidos en el libro de códigos.

En la operación S530, la estación base recibe los datos de realimentación desde el terminal.

En la operación S540, la estación base recibe los datos de realimentación de cada uno de la pluralidad de terminales, y selecciona una parte o todos de la pluralidad de terminales (usuarios).

- 15 En la operación S550, la estación base selecciona una matriz de precodificación de entre los subconjuntos del libro de códigos basándose en los datos de realimentación de cada uno de la pluralidad de terminales.

En la operación S560, la estación base realiza precodificación en al menos uno del flujo de datos para usuarios seleccionados usando la matriz de precodificación seleccionada.

- 20 En la operación S640, el terminal realiza formación de haces de recepción basándose en un vector preferido en un caso donde el terminal tiene una pluralidad de antenas de recepción.

- 25 Los procedimientos anteriormente descritos pueden registrarse, almacenarse o fijarse en uno o más medios legibles por ordenador que incluyen instrucciones de programa a implementarse por un ordenador para provocar que un procesador ejecute o realice las instrucciones de programa. El medio puede incluir también, en solitario o en combinación con las instrucciones de programa, ficheros de datos, estructuras de datos y similares. El medio y las instrucciones de programa pueden ser aquellas especialmente diseñadas y construidas para los fines de la presente invención, o pueden ser de la clase bien conocida y disponible para los expertos en la materia en las técnicas de software informático. Ejemplos de medio legible por ordenador incluyen medio magnético tal como discos duros, disco flexibles y cinta magnética; medio óptico tal como discos de CD ROM y DVD; medio magneto óptico tal como discos ópticos; y dispositivos de hardware que están especialmente configurados 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 máquina, tal como producido por un compilador, y ficheros que contienen código de nivel superior que pueden ejecutarse por 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 y procedimientos anteriormente descritos.

35

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de operación de una estación base, comprendiendo el procedimiento:

almacenar todos los vectores incluidos en $[u_1 \ u_2 \ u_4 \ u_5 \ u_6 \ u_7 \ u_8]$ como un libro de códigos de MU-MIMO; y precodificar al menos un flujo de datos usando el libro de códigos de MU-MIMO almacenado,

5 en el que

$$u_1 = \frac{1}{2} [1 \quad 1 \quad 1 \quad 1]^T$$

$$u_2 = \frac{1}{2} [1 \quad j \quad -1 \quad -j]^T$$

$$u_4 = \frac{1}{2} [1 \quad -j \quad -1 \quad j]^T$$

$$u_5 = \frac{1}{2} [1 \quad e^{j\frac{\pi}{4}} \quad j \quad e^{j\frac{3\pi}{4}}]^T$$

$$u_6 = \frac{1}{2} [1 \quad e^{j\frac{3\pi}{4}} \quad -j \quad e^{j\frac{\pi}{4}}]^T$$

$$u_7 = \frac{1}{2} [1 \quad e^{j\frac{5\pi}{4}} \quad j \quad e^{-j\frac{\pi}{4}}]^T,$$

y

$$u_8 = \frac{1}{2} [1 \quad e^{-j\frac{\pi}{4}} \quad -j \quad e^{j\frac{5\pi}{4}}]^T$$

10 2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que una célula de la estación base comprende una pluralidad de sectores, y el almacenamiento comprende seleccionar todos los vectores incluidos en $[u_1 \ u_2 \ u_4 \ u_5 \ u_6 \ u_7 \ u_8]$ dependiendo de un número predeterminado de bits de realimentación para almacenar todos los vectores incluidos en $[u_1 \ u_2 \ u_4 \ u_5 \ u_6 \ u_7 \ u_8]$.

3. Un procedimiento de operación de una estación base, comprendiendo el procedimiento:

15 almacenar todos los vectores incluidos en $[u_2 \ u_5 \ u_1 \ u_8]$ o $[u_5 \ u_1 \ u_8 \ u_4]$ como un libro de códigos de MU-MIMO, y precodificar al menos un flujo de datos usando el libro de códigos de MU-MIMO almacenado, en el que

$$\mathbf{u}_1 = \frac{1}{2} [1 \quad 1 \quad 1 \quad 1]^T$$

$$\mathbf{u}_2 = \frac{1}{2} [1 \quad j \quad -1 \quad -j]^T$$

$$\mathbf{u}_4 = \frac{1}{2} [1 \quad -j \quad -1 \quad j]^T$$

$$\mathbf{u}_5 = \frac{1}{2} [1 \quad e^{j\frac{\pi}{4}} \quad j \quad e^{j\frac{3\pi}{4}}]^T,$$

y

$$\mathbf{u}_8 = \frac{1}{2} [1 \quad e^{-j\frac{\pi}{4}} \quad -j \quad e^{j\frac{3\pi}{4}}]^T$$

4. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que una célula de la estación base comprende una pluralidad de sectores, y el almacenamiento comprende seleccionar todos los vectores incluidos en $[\mathbf{u}_2 \ \mathbf{u}_5 \ \mathbf{u}_1 \ \mathbf{u}_8]$ o $[\mathbf{u}_5 \ \mathbf{u}_1 \ \mathbf{u}_8 \ \mathbf{u}_4]$ dependiendo de un número predeterminado de bits de realimentación para almacenar todos los vectores incluidos en $[\mathbf{u}_2 \ \mathbf{u}_5 \ \mathbf{u}_1 \ \mathbf{u}_8]$ o $[\mathbf{u}_5 \ \mathbf{u}_1 \ \mathbf{u}_8 \ \mathbf{u}_4]$.
5. Un procedimiento de operación de una estación base, comprendiendo el procedimiento:
 - almacenar todos los vectores incluidos en $[\mathbf{u}_{14} \ \mathbf{u}_{10} \ \mathbf{u}_6 \ \mathbf{u}_2 \ \mathbf{u}_{13} \ \mathbf{u}_9 \ \mathbf{u}_5 \ \mathbf{u}_1 \ \mathbf{u}_{16} \ \mathbf{u}_{12} \ \mathbf{u}_8 \ \mathbf{u}_4 \ \mathbf{u}_{15} \ \mathbf{u}_{11}]$ o $[\mathbf{u}_{10} \ \mathbf{u}_6 \ \mathbf{u}_2 \ \mathbf{u}_{13} \ \mathbf{u}_9 \ \mathbf{u}_5 \ \mathbf{u}_1 \ \mathbf{u}_{16} \ \mathbf{u}_{12} \ \mathbf{u}_8 \ \mathbf{u}_4 \ \mathbf{u}_{15} \ \mathbf{u}_{11} \ \mathbf{u}_7]$ como un libro de códigos de MU-MIMO; y
 - precodificar al menos un flujo de datos usando el libro de códigos de MU-MIMO almacenado, en el que

$$u_1 = [0,5 \quad 0,5 \quad 0,5 \quad 0,5]^T$$

$$u_2 = [0,5 \quad 0,5j \quad -0,5 \quad -0,5j]^T$$

$$u_4 = [0,5 \quad -0,5j \quad -0,5 \quad 0,5j]^T$$

$$u_5 = [0,5 \quad 0,4619 + 0,1913j \quad 0,3536 + 0,3536j \quad 0,1913 + 0,4619j]^T$$

$$u_6 = [0,5 \quad -0,1913 + 0,4619j \quad -0,3536 - 0,3536j \quad 0,4619 - 0,1913j]^T$$

$$u_7 = [0,5 \quad -0,4619 - 0,1913j \quad 0,3536 + 0,3536j \quad -0,1913 - 0,4619j]^T$$

$$u_8 = [0,5 \quad 0,1913 - 0,4619j \quad -0,3536 - 0,3536j \quad -0,4619 + 0,1913j]^T$$

$$u_9 = [0,5 \quad 0,3536 + 0,3536j \quad 0,5j \quad -0,3536 + 0,3536j]^T$$

$$u_{10} = [0,5 \quad -0,3536 + 0,3536j \quad -0,5j \quad 0,3536 + 0,3536j]^T$$

$$u_{11} = [0,5 \quad -0,3536 - 0,3536j \quad 0,5j \quad 0,3536 - 0,3536j]^T$$

$$u_{12} = [0,5 \quad 0,3536 - 0,3536j \quad -0,5j \quad -0,3536 - 0,3536j]^T$$

$$u_{13} = [0,5 \quad 0,1913 + 0,4619j \quad -0,3536 + 0,3536j \quad -0,4619 - 0,1913j]^T$$

$$u_{14} = [0,5 \quad -0,4619 + 0,1913j \quad 0,3536 - 0,3536j \quad -0,1913 + 0,4619j]^T$$

$$u_{15} = [0,5 \quad -0,1913 - 0,4619j \quad -0,3536 + 0,3536j \quad 0,4619 + 0,1913j]^T$$

y

$$u_{16} = [0,5 \quad 0,4619 - 0,1913j \quad 0,3536 - 0,3536j \quad 0,1913 - 0,4619j]^T$$

- 5 6. El procedimiento de la reivindicación 5, en el que una célula de la estación base comprende una pluralidad de sectores, y el almacenamiento comprende seleccionar todos los vectores incluidos en [U₁₄ U₁₀ U₆ U₂ U₁₃ U₉ U₅ U₁ U₁₆ U₁₂ U₈ U₄ U₁₅ U₁₁] o [U₁₀ U₆ U₂ U₁₃ U₉ U₅ U₁ U₁₆ U₁₂ U₈ U₄ U₁₅ U₁₁ U₇] dependiendo de un número predeterminado de bits de realimentación para almacenar todos los vectores incluidos en [U₁₄ U₁₀ U₆ U₂ U₁₃ U₉ U₅ U₁ U₁₆ U₁₂ U₈ U₄ U₁₅ U₁₁] o [U₁₀ U₆ U₂ U₁₃ U₉ U₅ U₁ U₁₆ U₁₂ U₈ U₄ U₁₅ U₁₁ U₇].

7. Un procedimiento de operación de una estación base, comprendiendo el procedimiento:

almacenar todos los vectores incluidos en $[u_2 \ u_{13} \ u_9 \ u_5 \ u_1 \ u_{16} \ u_{12} \ u_8]$ o $[u_{13} \ u_9 \ u_5 \ u_1 \ u_{16} \ u_{12} \ u_8 \ u_4]$ como un libro de códigos de MU-MIMO; y

precodificar al menos un flujo de datos usando el libro de códigos de MU-MIMO almacenado, en el que

$$u_1 = [0,5 \quad 0,5 \quad 0,5 \quad 0,5]^T$$

$$u_2 = [0,5 \quad 0,5j \quad -0,5 \quad -0,5j]^T$$

$$u_4 = [0,5 \quad -0,5j \quad -0,5 \quad 0,5j]^T$$

$$u_5 = [0,5 \quad 0,4619 + 0,1913j \quad 0,3536 + 0,3536j \quad 0,1913 + 0,4619j]^T$$

$$u_8 = [0,5 \quad 0,1913 - 0,4619j \quad -0,3536 - 0,3536j \quad -0,4619 + 0,1913j]^T$$

$$u_9 = [0,5 \quad 0,3536 + 0,3536j \quad 0,5j \quad -0,3536 + 0,3536j]^T$$

$$u_{12} = [0,5 \quad 0,3536 - 0,3536j \quad -0,5j \quad -0,3536 - 0,3536j]^T$$

$$u_{13} = [0,5 \quad 0,1913 + 0,4619j \quad -0,3536 + 0,3536j \quad -0,4619 - 0,1913j]^T,$$

5

y

$$u_{16} = [0,5 \quad 0,4619 - 0,1913j \quad 0,3536 - 0,3536j \quad 0,1913 - 0,4619j]^T$$

8. El procedimiento de la reivindicación 7, en el que una célula de la estación base comprende una pluralidad de sectores, y el almacenamiento comprende seleccionar todos los vectores incluidos en $[u_2 \ u_{13} \ u_9 \ u_5 \ u_1 \ u_{16} \ u_{12} \ u_8]$ o $[u_{13} \ u_9 \ u_5 \ u_1 \ u_{16} \ u_{12} \ u_8 \ u_4]$ dependiendo de un número predeterminado de bits de realimentación para almacenar todos los vectores incluidos en $[u_2 \ u_{13} \ u_9 \ u_5 \ u_1 \ u_{16} \ u_{12} \ u_8]$ o $[u_{13} \ u_9 \ u_5 \ u_1 \ u_{16} \ u_{12} \ u_8 \ u_4]$.

10

9. Un procedimiento de operación de un terminal, comprendiendo el procedimiento:

almacenar todos los vectores incluidos en $[u_1 \ u_2 \ u_4 \ u_5 \ u_6 \ u_7 \ u_8]$ como un libro de códigos de MU-MIMO; y realimentar, a una estación base, información relacionada con al menos un vector de entre vectores incluidos en el libro de códigos de MU-MIMO almacenado, en el que

15

$$u_1 = \frac{1}{2} [1 \quad 1 \quad 1 \quad 1]^T$$

$$\mathbf{u}_2 = \frac{1}{2} [1 \quad j \quad -1 \quad -j]^T$$

$$\mathbf{u}_4 = \frac{1}{2} [1 \quad -j \quad -1 \quad j]^T$$

$$\mathbf{u}_5 = \frac{1}{2} [1 \quad e^{j\frac{\pi}{4}} \quad j \quad e^{j\frac{3\pi}{4}}]^T$$

$$\mathbf{u}_6 = \frac{1}{2} [1 \quad e^{j\frac{3\pi}{4}} \quad -j \quad e^{j\frac{\pi}{4}}]^T$$

$$\mathbf{u}_7 = \frac{1}{2} [1 \quad e^{j\frac{\pi}{4}} \quad j \quad e^{-j\frac{\pi}{4}}]^T,$$

y

$$\mathbf{u}_8 = \frac{1}{2} [1 \quad e^{-j\frac{\pi}{4}} \quad -j \quad e^{j\frac{3\pi}{4}}]^T$$

- 5 10. El procedimiento de la reivindicación 9, en el que una célula de la estación base comprende una pluralidad de sectores, y el almacenamiento comprende seleccionar todos los vectores incluidos en $[\mathbf{u}_1 \mathbf{u}_2 \mathbf{u}_4 \mathbf{u}_5 \mathbf{u}_6 \mathbf{u}_7 \mathbf{u}_8]$ dependiendo de un número predeterminado de bits de realimentación para almacenar todos los vectores incluidos en $[\mathbf{u}_1 \mathbf{u}_2 \mathbf{u}_4 \mathbf{u}_5 \mathbf{u}_6 \mathbf{u}_7 \mathbf{u}_8]$.

11. Un procedimiento de operación de un terminal, comprendiendo el procedimiento:

- 10 almacenar todos los vectores incluidos en $[\mathbf{u}_2 \mathbf{u}_5 \mathbf{u}_1 \mathbf{u}_8]$ o $[\mathbf{u}_5 \mathbf{u}_1 \mathbf{u}_8 \mathbf{u}_4]$ como un libro de códigos de MU-MIMO; y realimentar, a una estación base, información relacionada con al menos un vector de entre vectores incluidos en el libro de códigos de MU-MIMO almacenado, en el que

$$\mathbf{u}_1 = \frac{1}{2} [1 \quad 1 \quad 1 \quad 1]^T$$

$$\mathbf{u}_2 = \frac{1}{2} [1 \quad j \quad -1 \quad -j]^T$$

$$\mathbf{u}_4 = \frac{1}{2} [1 \quad -j \quad -1 \quad j]^T$$

$$\mathbf{u}_5 = \frac{1}{2} [1 \quad e^{j\frac{\pi}{4}} \quad j \quad e^{j\frac{3\pi}{4}}]^T,$$

y

$$u_8 = \frac{1}{2} [1 \quad e^{-j\frac{\pi}{4}} \quad \dots \quad j \quad e^{j\frac{3\pi}{4}}]^T$$

12. El procedimiento de la reivindicación 11, en el que una célula de la estación base comprende una pluralidad de sectores, y el almacenamiento comprende seleccionar todos los vectores incluidos en $[u_2 \ u_5 \ u_1 \ u_8]$ o $[u_5 \ u_1 \ u_8 \ u_4]$ dependiendo de un número predeterminado de bits de realimentación para almacenar todos los vectores incluidos en $[u_2 \ u_5 \ u_1 \ u_8]$ o $[u_5 \ u_1 \ u_8 \ u_4]$.

13. Un procedimiento de operación de un terminal, comprendiendo el procedimiento:

almacenar todos los vectores incluidos en $[u_{14} \ u_{10} \ u_6 \ u_2 \ u_{13} \ u_9 \ u_5 \ u_1 \ u_{16} \ u_{12} \ u_8 \ u_4 \ u_{15} \ u_{11}]$ o $[u_{10} \ u_6 \ u_2 \ u_{13} \ u_9 \ u_5 \ u_1 \ u_{16} \ u_{12} \ u_8 \ u_4 \ u_{15} \ u_{11} \ u_7]$ como un libro de códigos de MU-MIMO; y realimentar, a una estación base, información relacionada con al menos un vector de entre vectores incluidos en el libro de códigos de MU-MIMO almacenado, en el que

$$u_1 = [0,5 \quad 0,5 \quad 0,5 \quad 0,5]^T$$

$$u_2 = [0,5 \quad 0,5j \quad -0,5 \quad -0,5j]^T$$

$$u_4 = [0,5 \quad -0,5j \quad -0,5 \quad 0,5j]^T$$

$$u_5 = [0,5 \quad 0,4619 + 0,1913j \quad 0,3536 + 0,3536j \quad 0,1913 + 0,4619j]^T$$

$$u_7 = [0,5 \quad -0,4619 - 0,1913j \quad 0,3536 + 0,3536j \quad -0,1913 - 0,4619j]^T$$

$$u_8 = [0,5 \quad 0,1913 - 0,4619j \quad -0,3536 - 0,3536j \quad -0,4619 + 0,1913j]^T$$

$$u_9 = [0,5 \quad 0,3536 + 0,3536j \quad 0,5j \quad -0,3536 + 0,3536j]^T$$

$$u_{10} = [0,5 \quad -0,3536 + 0,3536j \quad -0,5j \quad 0,3536 + 0,3536j]^T$$

$$u_{11} = [0,5 \quad -0,3536 - 0,3536j \quad 0,5j \quad 0,3536 - 0,3536j]^T$$

$$u_{12} = [0,5 \quad 0,3536 - 0,3536j \quad -0,5j \quad -0,3536 - 0,3536j]^T$$

$$u_{13} = [0,5 \quad 0,1913 + 0,4619j \quad -0,3536 + 0,3536j \quad -0,4619 - 0,1913j]^T$$

$$u_{14} = [0,5 \quad -0,4619 + 0,1913j \quad 0,3536 - 0,3536j \quad -0,1913 + 0,4619j]^T$$

$$u_{15} = [0,5 \quad -0,1913 - 0,4619j \quad -0,3536 + 0,3536j \quad 0,4619 + 0,1913j]^T$$

y

$$u_{16} = [0,5 \quad 0,4619 - 0,1913j \quad 0,3536 - 0,3536j \quad 0,1913 - 0,4619j]^T$$

14. El procedimiento de la reivindicación 13, en el que una célula de la estación base comprende una pluralidad de sectores, y el almacenamiento comprende seleccionar todos los vectores incluidos en $[u_{14} \ u_{10} \ u_6 \ u_2 \ u_{13} \ u_9 \ u_5 \ u_1 \ u_{16} \ u_{12} \ u_8 \ u_4 \ u_{15} \ u_{11}]$ o $[u_{10} \ u_6 \ u_2 \ u_{13} \ u_9 \ u_5 \ u_1 \ u_{16} \ u_{12} \ u_8 \ u_4 \ u_{15} \ u_{11} \ u_7]$ dependiendo de un número predeterminado de bits de realimentación para almacenar todos los vectores incluidos en $[u_{14} \ u_{10} \ u_6 \ u_2 \ u_{13} \ u_9 \ u_5 \ u_1 \ u_{16} \ u_{12} \ u_8 \ u_4 \ u_{15} \ u_{11}]$ o $[u_{10} \ u_6 \ u_2 \ u_{13} \ u_9 \ u_5 \ u_1 \ u_{16} \ u_{12} \ u_8 \ u_4 \ u_{15} \ u_{11} \ u_7]$.

15. Un procedimiento de operación de un terminal, comprendiendo el procedimiento:

- 10 almacenar todos los vectores incluidos en $[u_2 \ u_{13} \ u_9 \ u_5 \ u_1 \ u_{16} \ u_{12} \ u_8]$ o $[u_{13} \ u_9 \ u_5 \ u_1 \ u_{16} \ u_{12} \ u_8 \ u_4]$ como un libro de códigos de MU-MIMO; y
realimentar, a una estación base, información relacionada con al menos un vector de entre vectores incluidos en el libro de códigos de MU-MIMO almacenado, en el que

$$u_1 = [0,5 \quad 0,5 \quad 0,5 \quad 0,5]^T$$

$$u_2 = [0,5 \quad 0,5j \quad -0,5 \quad -0,5j]^T$$

$$u_4 = [0,5 \quad -0,5j \quad -0,5 \quad 0,5j]^T$$

$$u_5 = [0,5 \quad 0,4619 + 0,1913j \quad 0,3536 + 0,3536j \quad 0,1913 + 0,4619j]^T$$

$$u_8 = [0,5 \quad 0,1913 - 0,4619j \quad -0,3536 - 0,3536j \quad -0,4619 + 0,1913j]^T$$

$$u_9 = [0,5 \quad 0,3536 + 0,3536j \quad 0,5j \quad -0,3536 + 0,3536j]^T$$

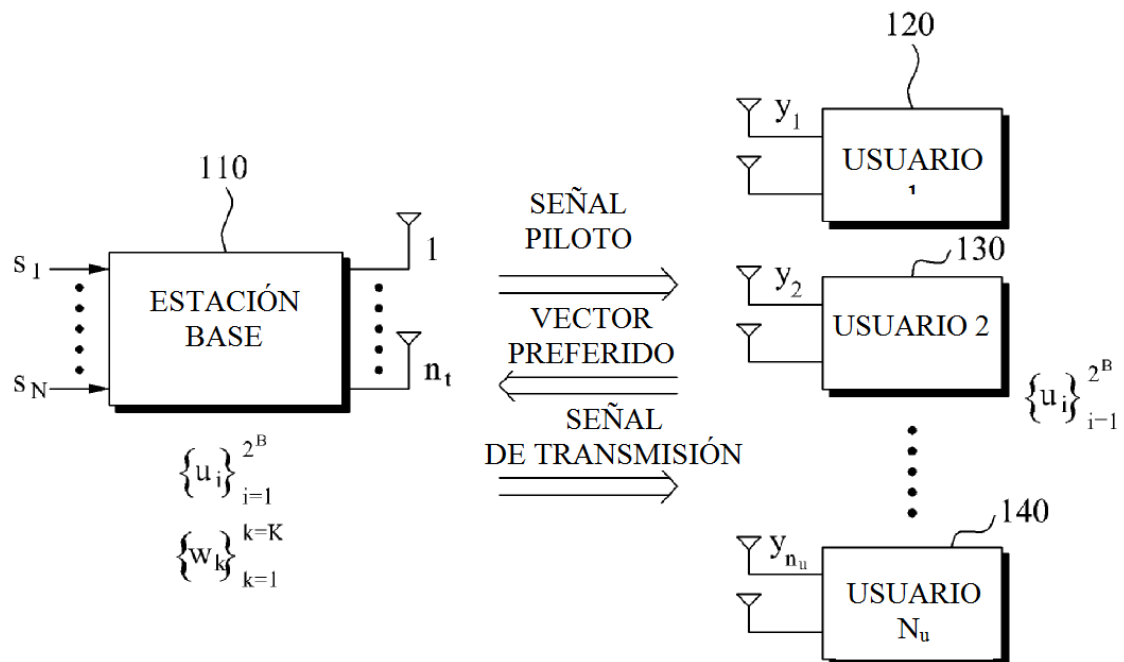
$$u_{12} = [0,5 \quad 0,3536 - 0,3536j \quad -0,5j \quad -0,3536 - 0,3536j]^T$$

$$u_{13} = [0,5 \quad 0,1913 + 0,4619j \quad -0,3536 + 0,3536j \quad -0,4619 - 0,1913j]^T$$

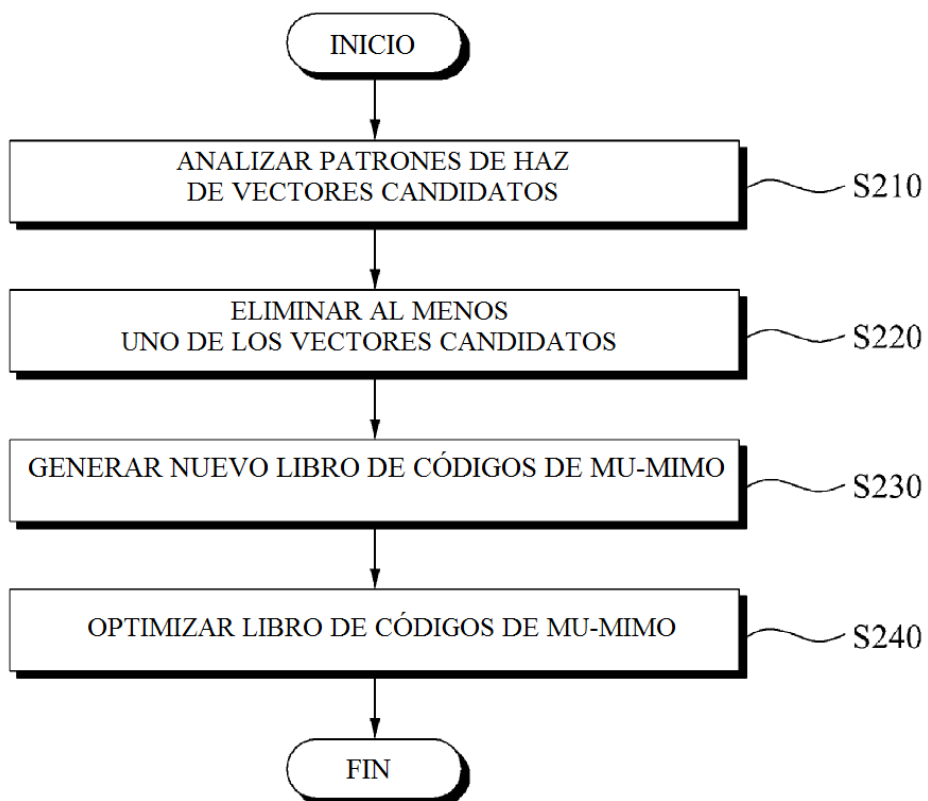
15 y

$$u_{16} = [0,5 \quad 0,4619 - 0,1913j \quad 0,3536 - 0,3536j \quad 0,1913 - 0,4619j]^T$$

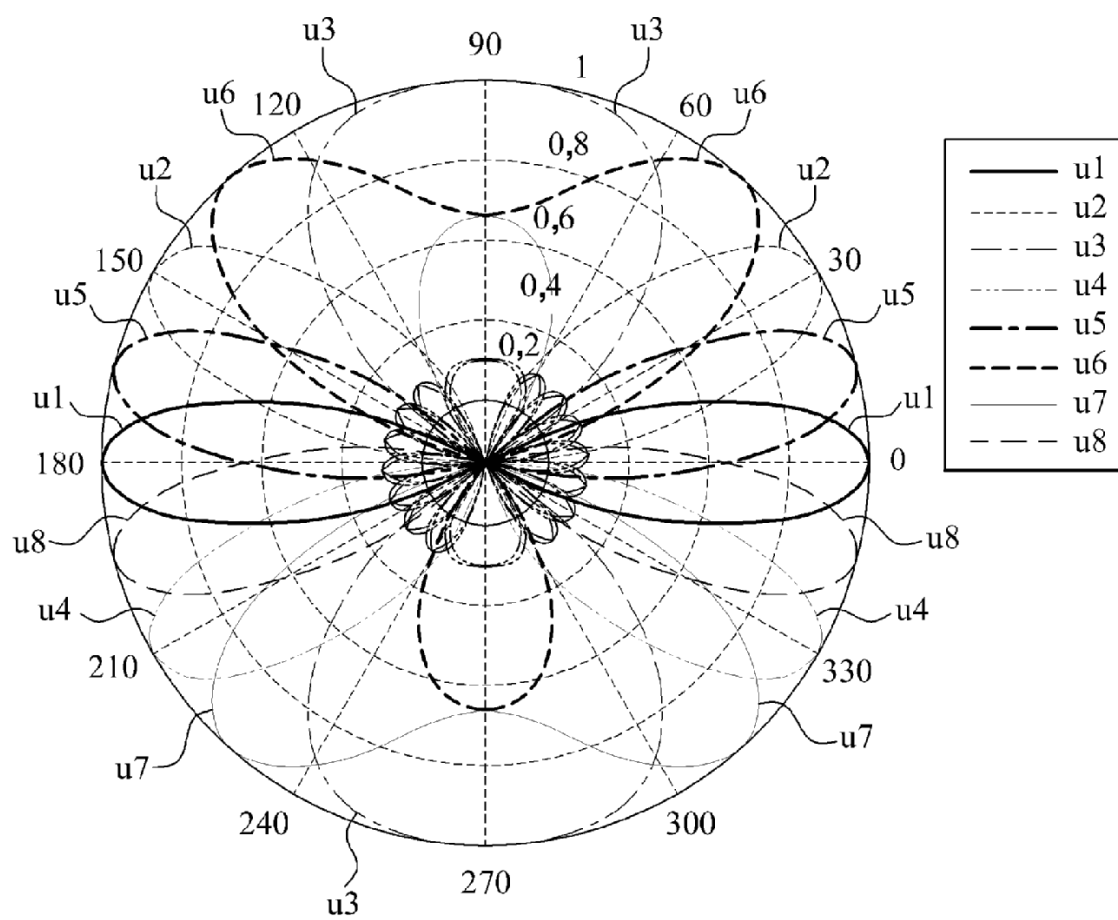
[Fig. 1]



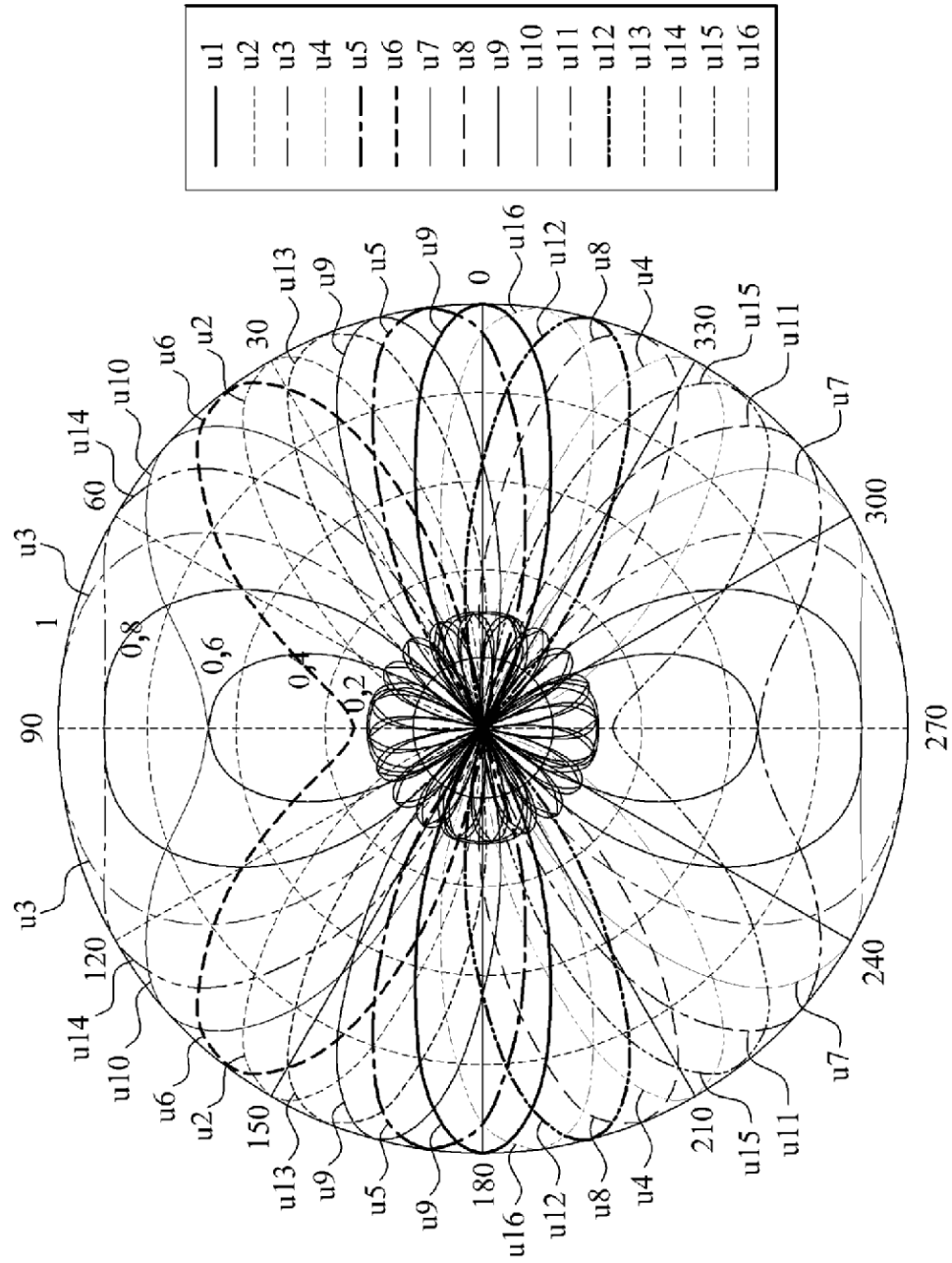
[Fig. 2]



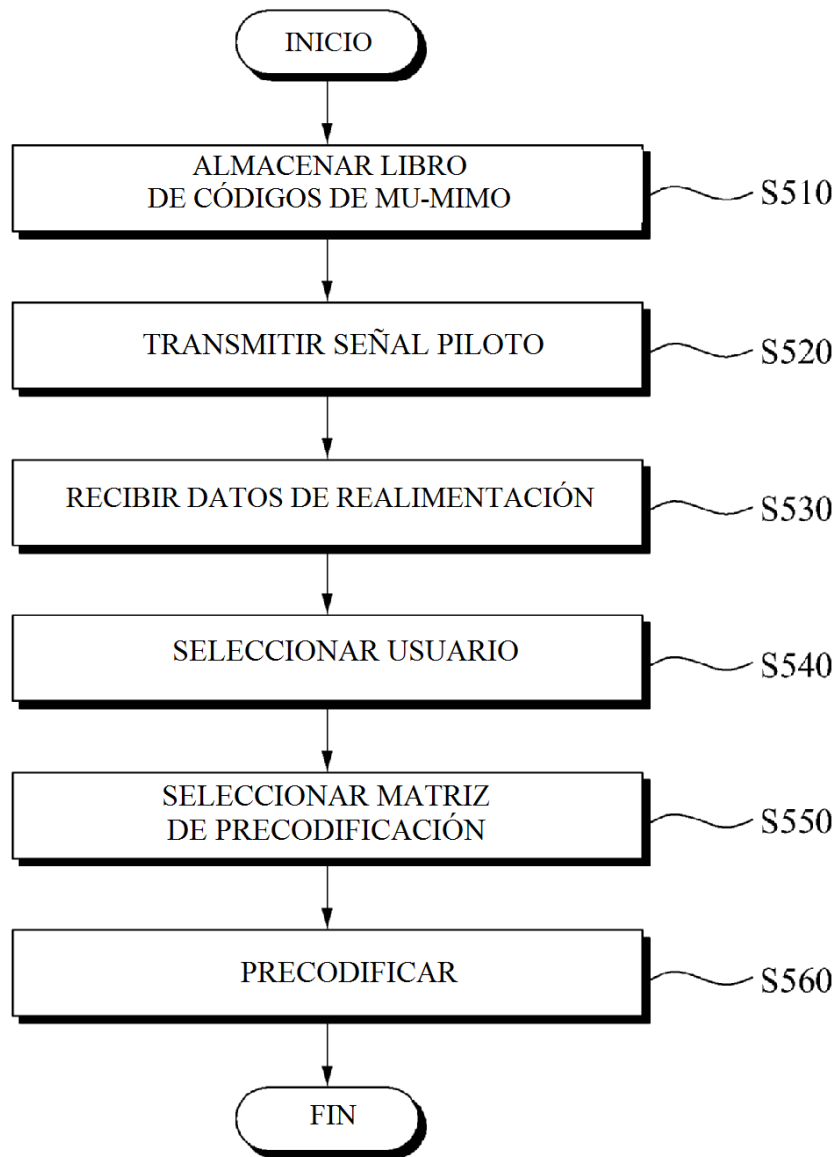
[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]



[Fig. 6]

