

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11) Número de publicación: **2 691 037**

51) Int. Cl.:

H04J 99/00 (2009.01)
H04B 7/0456 (2007.01)
H04J 11/00 (2006.01)
H04B 7/00 (2006.01)
H04B 7/06 (2006.01)
H04B 7/10 (2007.01)
H04L 25/02 (2006.01)
H04L 25/03 (2006.01)
H04B 7/0413 (2007.01)
H04B 7/04 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.01.2010 PCT/JP2010/000048**
- 87) Fecha y número de publicación internacional: **15.07.2010 WO10079748**
- 96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.01.2010 E 10729168 (4)**
- 97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.07.2018 EP 2375604**

54) Título: **Aparato de comunicación inalámbrica, sistema de comunicación inalámbrica y procedimiento de comunicación inalámbrica**

30) Prioridad:

07.01.2009 JP 2009001352

45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.11.2018

73) Titular/es:

**SUN PATENT TRUST (100.0%)
450 Lexington Avenue, 38th Floor
New York, NY 10017, US**

72) Inventor/es:

**YU, QIAN;
HUANG, LEI;
HOSHINO, MASAYUKI y
IMAMURA, DAICHI**

74) Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 691 037 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

Aparato de comunicación inalámbrica, sistema de comunicación inalámbrica y procedimiento de comunicación inalámbrica

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere a un aparato de comunicación inalámbrica, un sistema de comunicación inalámbrica y un procedimiento de comunicación inalámbrica usado en un sistema de MIMO (Múltiples Entradas Múltiples Salidas) que lleva a cabo una comunicación mediante el uso de una pluralidad de antenas.

Antecedentes de la técnica

- 10 El sistema de MIMO es un sistema de comunicación que usa una pluralidad de antenas de transmisión y una pluralidad de antenas de recepción para la comunicación de datos. Un punto de acceso con el que está conectado un terminal de usuario puede llevar a cabo una comunicación con un terminal de usuario o más en un punto requerido arbitrario en el tiempo a través de un enlace descendente y un enlace ascendente. El enlace descendente (es decir, un enlace hacia delante) es un enlace de comunicación que se origina en el punto de acceso con el terminal de usuario, mientras que el enlace ascendente (es decir, un enlace hacia atrás) es un enlace de comunicación que se origina en el terminal de usuario con el punto de acceso.

- 15 El punto de acceso es habitualmente un dispositivo de comunicación inalámbrica obtenido por una estación de base estacionaria que establece una comunicación con el terminal de usuario y a menudo es denominado estación de base o con otro término técnico. El terminal de usuario es un dispositivo de comunicación inalámbrica estacionario o móvil y a menudo es denominado estación de base, dispositivo inalámbrico, estación móvil, equipo de usuario, o con otro término técnico. En las siguientes descripciones, una estación de base (BS) se usa para el punto de acceso, y el equipo de usuario (UE) se usa para el terminal de usuario.

- 20 Un sistema de MIMO de lazo cerrado habitualmente transmite una información de estado de canal desde un receptor a un transmisor. En concreto, cuando se realiza una operación de precodificación o de formación de haz, el sistema de MIMO de lazo cerrado usa la información de estado de canal realimentada a partir del receptor al transmisor en el sistema de comunicación, implementando de ese modo una optimización de canal. La precodificación es una técnica de, cuando una pluralidad de antenas en un sistema de MIMO realizan una transmisión, formación de un haz apropiado para las circunstancias de una trayectoria de propagación mediante la transmisión de datos ponderados a partir de las antenas respectivas, realizando de ese modo la transmisión. Con el fin de dar lugar a que la transmisión refleje las circunstancias de observación de una señal recibida lograda en un punto de recepción (es decir, las condiciones de trayectoria de propagación), una señal de realimentación que incluye una información de haz se transmite en este momento desde el receptor al transmisor, y el transmisor controla el haz mediante el uso de la señal de realimentación (véase; por ejemplo, la bibliografía de patente 1). La precodificación ha estado sometida a debate en relación con LTE (Evolución a Largo Plazo) de un sistema de próxima generación cuya actividad de normalización se ha realizado en 3GPP (Proyecto de Asociación de 3ª Generación) que es una organización de normalización internacional de un teléfono portátil.

- 25 En relación con la transmisión del sistema de MIMO, cuando un sistema de MIMO de orden más alto usa un máximo de ocho antenas de transmisión para un canal de enlace descendente o cuando se imponen límites espaciales sobre el ajuste de una antena para un canal de enlace ascendente en un terminal de usuario de un sistema de MIMO, la utilización de una estructura de antena de polarización cruzada es eficaz. Si unas antenas de polarización cruzada a las que se asignan ondas polarizadas diferentes se usan respectivamente para un transmisor y un receptor, tendrá lugar un desequilibrio en las ganancias (o la potencia) de y la correlación entre los elementos de una matriz de canal. Como consecuencia, los elementos de la matriz de canal muestran unos comportamientos más complejos. No obstante, con el fin de atenuar la complejidad de implementación y conservar un libro de códigos previsto para todas las aplicaciones (diversas estructuras de antena), la LTE actual no incluye libro de códigos alguno diseñado específicamente para la estructura de antena de polarización cruzada. Debido a que la estructura de antena de polarización cruzada muestra una utilidad destacada, se producirán ventajas de desempeño destacadas como resultado de la adición de un libro de códigos de este tipo en el momento del desarrollo de la LTE a una LTE avanzada siguiente.

- 30 Se puede concebir que un libro de códigos que usa una matriz diagonal de sección tiene por objeto una operación de precodificación de un sistema de MIMO que usa una estructura de antena de polarización cruzada (a la que se hace referencia en lo sucesivo en el presente documento como "sistema de MIMO de polarización cruzada"). Se aplica una premisa para una XPD ideal (Discriminación de Polarización Cruzada) para el libro de códigos de este tipo. En este caso, la matriz de canal se puede aproximar mediante una matriz diagonal de sección. En general, no obstante, no siempre se puede esperar una XPD ideal. Una matriz de precodificación que usa un libro de códigos de este tipo no se puede hacer coincidir con una estructura de una matriz de canal en este momento. Por lo tanto, cuando no se satisfacen las condiciones para una XPD ideal, se deteriora el desempeño de precodificación. Tal como se ha mencionado anteriormente, existe en este campo una necesidad de hacer eficiente la técnica de precodificación para el sistema de MIMO de polarización cruzada tanto desde un punto de vista de desempeño de

transmisión como desde un punto de vista de señalización.

Lista de citas

Bibliografía de patente

Bibliografía de patente 1: Publicación de patente de EE. UU. n.º 2008/0037681

5 El documento US 2008/0192849 A1 desvela un aparato para comunicación inalámbrica, que comprende: al menos un procesador configurado para obtener un vector de precodificación para una transmisión de rango 1 a partir de un primer conjunto que comprende al menos un vector columna de una matriz unitaria, para realizar una precodificación para la transmisión de rango 1 sobre la base del vector de precodificación, para obtener una matriz de precodificación para una transmisión de rango 2 a partir de un segundo conjunto que comprende una matriz identidad, y para realizar una precodificación para la transmisión de rango 2 sobre la base de la matriz de precodificación; y una memoria acoplada con el al menos un procesador.

10 El documento US 2008/0186212 A1 desvela un procedimiento de generación de un libro de códigos para un sistema de múltiples entradas múltiples salidas (MIMO). El procedimiento de generación de libros de códigos incluye: asignar una única matriz precedente polarizada a unos bloques diagonales entre una pluralidad de bloques dispuestos en un formato diagonal de bloque en el que un número de bloques diagonales se corresponde con un número de direcciones de polarización de las antenas de transmisión; y asignar una matriz nula a los bloques restantes excluyendo los bloques diagonales.

15 El documento WO 2008/133582 A2 desvela un procedimiento en un primer nodo para adaptar una transmisión de múltiples antenas a un segundo nodo a través de un canal inalámbrico. El canal inalámbrico tiene al menos tres entradas y al menos una salida. El primer nodo y el segundo nodo están comprendidos en un sistema de comunicación inalámbrica. Comprendiendo el procedimiento las etapas de: obtener al menos un flujo de símbolos; determinar una matriz de precodificación que tiene una estructura de producto creada al multiplicar una matriz diagonal de bloque por la izquierda con una matriz unitaria de diagonalización de bloque; precodificar el al menos un flujo de símbolos con la matriz de precodificación determinada; y transmitir el al menos un flujo de símbolos precodificado a través de un canal inalámbrico al segundo nodo.

Sumario de la invención

Problema técnico

30 Tal como se ha mencionado anteriormente, no se logra una XPD ideal en un entorno de uso común real para el sistema de MIMO de polarización cruzada. Por lo tanto, debido a que un libro de códigos que usa una matriz diagonal de sección sobre la base de una XPD ideal se usa como una matriz de precodificación, sigue habiendo una interferencia entre ondas polarizadas diferentes, lo que plantea un problema de deterioro de rendimiento, que surgiría de lo contrario cuando se realiza la precodificación.

35 La presente invención se ha concebido a la luz de las circunstancias. Por lo tanto, un objeto de la presente invención es la provisión de un aparato de comunicación inalámbrica, un sistema de comunicación inalámbrica y un procedimiento de comunicación inalámbrica que posibilitan un sistema de MIMO que usa una estructura de antena de polarización cruzada para atenuar la interferencia entre ondas polarizadas diferentes y realizar una precodificación eficaz incluso cuando el sistema de MIMO no puede lograr una XPD ideal. Este objeto se logra mediante las características expuestas en las reivindicaciones independientes. Algunas realizaciones ventajosas adicionales de la presente invención se exponen en las reivindicaciones dependientes.

40 Solución al problema

45 Como un primer aspecto, un aparato de comunicación inalámbrica que tiene una estructura de antena de polarización cruzada y que se usa en un sistema de comunicación inalámbrica capaz de realizar una comunicación de multiplexación mediante MIMO, incluye: una sección de multiplexación espacial que está configurada para generar, como datos que se van a transmitir a un aparato de comunicación en el otro extremo, una pluralidad de flujos que se van a multiplexar espacialmente entre una pluralidad de antenas de transmisión; una sección de procesamiento de precodificación que está configurada, de acuerdo con una información de control realimentada a partir del aparato de comunicación en el otro extremo, para aplicar una matriz de precodificación de una matriz de proyección para ortogonalizar mutuamente u ortogonalizar sustancialmente matrices de respuesta de canal para ondas polarizadas diferentes respectivas, con respecto a un flujo que se corresponde con una de una pluralidad de ondas polarizadas, realizando de ese modo una precodificación; y una sección de transmisión que está configurada para transmitir la pluralidad de flujos sometidos a un procesamiento de precodificación a partir de la pluralidad de antenas de transmisión de polarización cruzada.

55 Como un segundo aspecto, la sección de procesamiento de precodificación realiza una primera precodificación para aplicar una primera matriz de precodificación para formar un haz de transmisión a flujos que se corresponden con la pluralidad de ondas polarizadas diferentes y también realiza una segunda precodificación para aplicar una segunda

matriz de precodificación de la matriz de proyección al flujo que se corresponde con la una de las ondas polarizadas.

5 Como un tercer aspecto, la sección de procesamiento de precodificación separa los flujos que se corresponden con la pluralidad de ondas polarizadas diferentes en función de la onda polarizada, y aplica, como la primera matriz de precodificación, una matriz de precodificación que se corresponde con cada onda polarizada con respecto a un flujo que se corresponde con cada una de las ondas polarizadas, realizando de ese modo una precodificación.

Como un cuarto aspecto, la sección de procesamiento de precodificación usa, como la segunda matriz de precodificación de la matriz de proyección, una matriz unitaria mediante la cual una suma diagonal de productos internos de la matriz de precodificación aplicada al flujo que se corresponde con cada una de las ondas polarizadas asciende a un valor predeterminado o menos.

10 Como un quinto aspecto, la sección de transmisión tiene un total de cuatro antenas de transmisión, dos de las cuales se proporcionan para una primera onda polarizada de dos ondas polarizadas diferentes y las otras dos de las cuales se proporcionan para una segunda onda polarizada de las dos ondas polarizadas diferentes, y la sección de procesamiento de precodificación somete un flujo que se corresponde con la segunda onda polarizada a una precodificación que se origina en la matriz de proyección.

15 Como un sexto aspecto, la sección de transmisión tiene un total de cuatro antenas de transmisión, dos de las cuales se proporcionan para una primera onda polarizada de dos ondas polarizadas diferentes y las otras dos de las cuales se proporcionan para una segunda onda polarizada de las dos ondas polarizadas diferentes, y realiza una asignación de antena cuando se transmiten tres flujos multiplexados espacialmente a partir de las antenas de transmisión de una forma tal que un primer flujo se asigna a las dos antenas para la primera onda polarizada y que un segundo y un tercer flujos se asignan respectivamente a las dos antenas para la segunda onda polarizada, y la sección de procesamiento de precodificación somete el segundo y el tercer flujos que se corresponden con la segunda onda polarizada a una precodificación que se origina en la matriz de proyección.

20 Como un séptimo aspecto, la sección de transmisión tiene un total de ocho antenas de transmisión, cuatro de las cuales se proporcionan para una primera onda polarizada de dos ondas polarizadas diferentes y las otras cuatro de las cuales se proporcionan para una segunda onda polarizada, y la sección de procesamiento de precodificación somete un flujo que se corresponde con la segunda onda polarizada a una precodificación que se origina en la matriz de proyección.

25 Como un octavo aspecto, un aparato de comunicación inalámbrica que tiene una estructura de antena de polarización cruzada y que se usa en un sistema de comunicación inalámbrica capaz de realizar una comunicación de multiplexación mediante MIMO, incluye: una sección de estimación de canal que está configurada para realizar una estimación de canal de una trayectoria de propagación a partir de un aparato de comunicación en el otro extremo hasta el aparato de comunicación inalámbrica; una sección de selección de precodificación que está configurada, de acuerdo con un resultado de la estimación de canal, para determinar una matriz de precodificación de una matriz de proyección que se va a aplicar a una matriz de respuesta de canal para una de las ondas polarizadas para ortogonalizar mutuamente u ortogonalizar sustancialmente matrices de respuesta de canal para ondas polarizadas diferentes respectivas; una sección de notificación de información de control que está configurada para realimentar una información de control que incluye una información de precodificación que representa la matriz de precodificación determinada al aparato de comunicación en el otro extremo; una sección de recepción que está configurada para recibir datos transmitidos a partir del aparato de comunicación en el otro extremo mediante una pluralidad de antenas de recepción; una sección de separación que está configurada para separar los datos recibidos y detectar una pluralidad de flujos a partir de los datos recibidos; y una sección de descodificación que está configurada para descodificar datos de recepción a partir de la pluralidad de flujos detectados.

30 Como un noveno aspecto, la sección de selección de precodificación calcula una matriz unitaria, en la que una suma diagonal de productos internos de una matriz de precodificación que se va a aplicar a cada una de las ondas polarizadas diferentes asciende a un valor predeterminado o menos, a partir de una matriz de respuesta de canal de la trayectoria de propagación a partir del aparato de comunicación en el otro lado o selecciona la matriz unitaria a partir de un libro de códigos que incluye un grupo de matrices preestablecidas, determinando de ese modo la matriz de precodificación.

35 Como un décimo aspecto, la sección de selección de precodificación determina una primera matriz de precodificación para formar un haz de transmisión que se va a aplicar a la pluralidad de ondas polarizadas diferentes y una segunda matriz de precodificación obtenida a partir de la matriz de proyección que se va a aplicar a la una de las ondas polarizadas, y la sección de notificación de información de control notifica una información de precodificación que representa la primera matriz de precodificación y la segunda matriz de precodificación al aparato de comunicación en el otro extremo.

40 Como un undécimo aspecto, la sección de selección de precodificación determina, para cada una de la pluralidad de ondas polarizadas diferentes, una matriz de precodificación que se corresponde con cada una de la pluralidad de las ondas polarizadas como la primera matriz de precodificación.

Como un duodécimo aspecto, un procedimiento de comunicación inalámbrica para su uso con un sistema de

comunicación inalámbrica que puede realizar una comunicación de multiplexación mediante MIMO y a través del uso de un aparato de comunicación inalámbrica que tiene una estructura de antena de polarización cruzada, incluye las etapas de: generar, como datos que se van a transmitir a un aparato de comunicación en el otro extremo, una pluralidad de flujos que se van a multiplexar espacialmente entre una pluralidad de antenas de transmisión; aplicar, de acuerdo con una información de control realimentada a partir del aparato de comunicación en el otro extremo, una matriz de precodificación de una matriz de proyección para ortogonalizar mutuamente u ortogonalizar sustancialmente matrices de respuesta de canal para las ondas polarizadas diferentes respectivas con respecto a un flujo que se corresponde con una de una pluralidad de ondas polarizadas diferentes, realizando de ese modo una precodificación; y transmitir la pluralidad de flujos sometidos a un procesamiento de precodificación mediante la pluralidad de antenas de transmisión de polarización cruzada.

Como un decimotercer aspecto, un procedimiento de comunicación inalámbrica para su uso con un sistema de comunicación inalámbrica que puede realizar una comunicación de multiplexación mediante MIMO y a través del uso de un aparato de comunicación inalámbrica que tiene una estructura de antena de polarización cruzada, incluye las etapas de: realizar una estimación de canal de una trayectoria de propagación a partir de un aparato de comunicación en el otro extremo hasta el aparato de comunicación inalámbrica; determinar, de acuerdo con un resultado de la estimación de canal, una matriz de precodificación de una matriz de proyección que se va a aplicar a una matriz de respuesta de canal para una de las ondas polarizadas para el fin de ortogonalizar mutuamente u ortogonalizar sustancialmente matrices de respuesta de canal para ondas polarizadas diferentes respectivas; realimentar una información de control que incluye una información de precodificación que representa la matriz de precodificación determinada al aparato de comunicación en el otro extremo; recibir datos transmitidos a partir del aparato de comunicación en el otro extremo mediante una pluralidad de antenas de recepción; separar los datos recibidos y detectar una pluralidad de flujos a partir de los datos recibidos; y decodificar datos de recepción a partir de la pluralidad de flujos detectados.

Incluso cuando no se logra una XPD ideal, una matriz de precodificación de una matriz de proyección obtenida a partir de una matriz de respuesta de canal se aplica a una de las ondas polarizadas mediante la configuración mencionada anteriormente, haciendo de ese modo posible realizar una precodificación eficaz para mantener la linealidad entre ondas polarizadas diferentes y minimizar la interferencia entre las ondas polarizadas diferentes.

Efectos ventajosos de la invención

Incluso cuando un sistema de MIMO que usa una estructura de antena de polarización cruzada no puede lograr una XPD ideal, la presente invención hace posible atenuar la interferencia entre ondas polarizadas diferentes y realizar una precodificación eficaz.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama de bloques que muestra una configuración a modo de ejemplo de un sistema de MIMO que tiene un transmisor y un receptor.

La figura 2 es un diagrama de bloques que muestra, como una primera realización de la presente invención, una primera configuración a modo de ejemplo de un sistema de comunicación inalámbrica usando una red de comunicación inalámbrica celular.

La figura 3 es un diagrama de flujo que muestra procedimientos de operación de la presente realización.

La figura 4 es un diagrama de bloques que muestra una segunda configuración a modo de ejemplo del sistema de comunicación inalámbrica usando la red de comunicación inalámbrica celular.

La figura 5 es un diagrama de bloques que muestra una tercera configuración a modo de ejemplo del sistema de comunicación inalámbrica usando la red de comunicación inalámbrica celular.

La figura 6 es un diagrama de bloques que muestra una cuarta configuración a modo de ejemplo del sistema de comunicación inalámbrica usando la red de comunicación inalámbrica celular.

La figura 7 es un diagrama de bloques que muestra una quinta configuración a modo de ejemplo del sistema de comunicación inalámbrica usando la red de comunicación inalámbrica celular.

La figura 8 es un diagrama de bloques que muestra una sexta configuración a modo de ejemplo del sistema de comunicación inalámbrica usando la red de comunicación inalámbrica celular.

La figura 9 muestra un mapeo de palabras de código a capas a modo de ejemplo en una multiplexación espacial.

Se muestra un aparato de comunicación inalámbrica a modo de ejemplo, un sistema de comunicación inalámbrica a modo de ejemplo y un procedimiento de comunicación inalámbrica a modo de ejemplo, una configuración a modo de ejemplo de un sistema de comunicación inalámbrica que aplica una MIMO de polarización cruzada a un enlace descendente de una red de comunicación inalámbrica celular y que establece una comunicación entre una estación de base (BS) y un equipo de usuario (UE) mediante el uso de una antena de polarización cruzada. En esta ocasión, se supone que un sistema de MIMO de polarización cruzada de lazo cerrado realiza una operación de precodificación.

Los presentes ejemplos se refieren, en general, a la comunicación remota y, más concretamente, un procedimiento, un aparato y un producto para su uso con una pluralidad de transmisiones de antena usando una estructura de antena de polarización cruzada en un sistema de MIMO.

En primer lugar se describe una técnica para realizar una operación de control de precodificación en el sistema de MIMO de polarización cruzada. La técnica se puede usar en combinación con diversas técnicas inalámbricas, tales como un Acceso Múltiple por División de Código (CDMA), una Multiplexación por División en Frecuencia Ortogonal (OFDM), un Acceso Múltiple por División en el Tiempo (TDMA), y similares. En respuesta a una transmisión de enlace ascendente o de enlace descendente desde/a un transmisor que tiene una pluralidad de antenas a/desde un receptor que tiene una pluralidad de antenas, el receptor mide y estima un canal mediante el uso de una señal de referencia que va a servir como una norma, con lo que se adquiere una matriz de respuesta de canal. Una pluralidad de antenas polarizadas diferentes, tales como antenas verticalmente polarizadas y antenas horizontalmente polarizadas, se usan como la pluralidad de antenas cada una de las cuales tiene una estructura de antena de polarización cruzada. La matriz de respuesta de canal adquirida de este modo se puede separar en dos partes que representan respuestas de canal de ondas polarizadas diferentes de las antenas de transmisión. De acuerdo con la matriz de respuesta de canal que se puede separar en dos partes, el receptor puede seleccionar matrices de precodificación diferentes para flujos de datos de transmisión respectivos de ondas polarizadas diferentes. El receptor realimenta las matrices de precodificación seleccionadas al transmisor. El transmisor aplica las matrices de precodificación respectivas realimentadas de este modo a flujos de datos polarizados correspondientes, para realizar de este modo una precodificación. Los flujos de datos precodificados de este modo se transmiten respectivamente a partir de antenas polarizadas diferentes. En este momento, entre matrices de precodificación diferentes previstas para ondas polarizadas diferentes, una matriz de precodificación más restrictiva se aplica a una onda polarizada a partir del transmisor, realizando de ese modo una mitigación de interferencias para mitigar la interferencia a partir de ondas polarizadas diferentes.

El sistema y procedimiento de las presentes realizaciones desveladas en el presente documento satisfacen la necesidad descrita en conexión con el problema, mediante la provisión de un procedimiento para transmitir datos de un transmisor a un receptor en un sistema de comunicación inalámbrica celular usado en la comunicación de teléfonos móviles, o similares. Las presentes realizaciones se proporcionan mediante la aplicación de una precodificación de polarización cruzada al sistema de MIMO que usa la estructura de antena de polarización cruzada. De acuerdo con las presentes realizaciones, la interferencia entre ondas polarizadas diferentes, tales como una onda verticalmente polarizada y una onda horizontalmente polarizada, se minimiza, de tal modo que se puede compensar una característica de XPD pobre de un canal del sistema de MIMO de polarización cruzada. Por lo tanto, el rendimiento de precodificación se puede potenciar, y se puede mejorar el desempeño de transmisión.

Las presentes realizaciones incluyen los procedimientos de procesamiento proporcionados posteriormente.

- (1) Una etapa de estimar, un receptor, una matriz de respuesta de canal observada entre una pluralidad de antenas de un transmisor y una pluralidad de antenas del receptor mediante el uso de una señal de referencia transmitida a partir del transmisor.
- (2) Una etapa de separar, el receptor, la matriz de respuesta de canal en dos partes que representan respuestas de canal a partir de antenas de transmisión polarizadas diferentes.
- (3) Una etapa de seleccionar, el receptor, dos matrices de precodificación para la transmisión de datos de ondas polarizadas diferentes a partir del transmisor.
- (4) Una etapa de seleccionar, el receptor, una matriz de precodificación adicional para la transmisión de datos de una de las ondas polarizadas a partir del transmisor.
- (5) Una etapa de realimentar, el receptor, la matriz de precodificación seleccionada al transmisor.
- (6) Una etapa de transmitir, el transmisor, un flujo de datos de acuerdo con la señalización atribuida a un enlace descendente correspondiente.
- (7) Una etapa de recibir, el receptor, un flujo de datos a partir del transmisor, para realizar de este modo un procesamiento de detección de MIMO y adquirir un flujo de datos reproducido.

De acuerdo con una realización, el sistema de comunicación inalámbrica celular incluye un transmisor que tiene una pluralidad de antenas de polarización cruzada y un receptor que tiene una pluralidad de antenas de polarización cruzada. El sistema de comunicación inalámbrica celular tiene unos medios para un control de precodificación para procesar una pluralidad de flujos de datos espaciales. Los medios incluyen una función mediante la cual el receptor selecciona matrices de precodificación para ondas polarizadas diferentes de una transmisión de datos y una función mediante la cual el transmisor aplica las matrices de precodificación seleccionadas respectivamente a ondas polarizadas diferentes de la transmisión de datos.

Estas y otras características y ventajas de la presente invención se entenderán más claramente por referencia a las descripciones detalladas acerca de algunas realizaciones de la presente invención proporcionadas posteriormente, junto con los dibujos adjuntos y las reivindicaciones adjuntas.

Algunas realizaciones preferidas de la presente invención se describen con detalle por referencia a los dibujos adjuntos. Las descripciones detalladas acerca de funciones y configuraciones conocidas llevadas a las realizaciones se omiten de las siguientes por razones de claridad y concisión.

La figura 1 es un diagrama de bloques que muestra una configuración a modo de ejemplo de un sistema de MIMO que tiene un transmisor y un receptor. El sistema de MIMO que usa una pluralidad de antenas de polarización cruzada se describe por referencia a la configuración a modo de ejemplo mostrada en la figura 1. El sistema de

MIMO usa una pluralidad de antenas de transmisión y una pluralidad de antenas de recepción para la transmisión de datos. Una configuración de polarización cruzada se usa para una pluralidad de antenas de transmisor y una pluralidad de antenas de receptor. El transmisor representa una pluralidad de entradas, mientras que el receptor representa una pluralidad de salidas. Los flujos de datos se transmiten de antenas de transmisor de polarización cruzada a antenas de receptor de polarización cruzada por medio de un canal de MIMO inalámbrico.

Tal como se muestra en la figura 1, un transmisor 150 introduce una secuencia de datos que se va a transmitir como una secuencia de bits de entrada; codifica la secuencia de bits de entrada en una sección de codificación de canal 102; y modula posteriormente la secuencia de bits de entrada codificada de este modo en una sección de mapeo de símbolos 104, para producir de este modo un símbolo modulado. Una sección de multiplexación espacial y de diversidad de transmisión 106 somete el símbolo modulado a un procesamiento de multiplexación espacial y de diversidad de transmisión, para producir de este modo una pluralidad de flujos espaciales. Una sección de precodificación 108 aplica una precodificación a la pluralidad de flujos espaciales. Posteriormente, una sección de mapeo de antenas 109 mapea los flujos espaciales precodificados S_1 a S_4 con una pluralidad de antenas de transmisión y transmite los flujos mapeados de este modo a partir de antenas 110a a 110d (Ant1 a Ant4) respectivas.

Los flujos espaciales transmitidos a partir del transmisor 150 se transmiten por medio de un canal de MIMO correspondiente. Las antenas de recepción 112a a 112d (Ant1 a Ant4) de un receptor 160 reciben los flujos espaciales como los flujos espaciales r_1 a r_4 . Una sección de estimación de canal y de selección de precodificación 114 del receptor 160 estima una matriz de respuesta de canal del canal de MIMO mediante el uso de una señal de referencia. De acuerdo con la matriz de respuesta de canal estimada de este modo, la sección de estimación de canal y de selección de precodificación selecciona una matriz de precodificación y realimenta a continuación al transmisor 150 una información de precodificación PMI que especifica la matriz de precodificación seleccionada V . Una sección de detección de MIMO 116 somete los flujos espaciales a un procesamiento de separación de MIMO mediante el uso de la matriz de respuesta de canal, detectando y separando de ese modo una pluralidad de flujos de datos entregados a partir de las antenas de transmisión. Posteriormente, una sección de desmultiplexación 118 que realiza un procesamiento, que es una inversa del procesamiento realizado por la sección de multiplexación espacial y de diversidad de transmisión 106, reorganiza los flujos detectados y separados para dar una secuencia de símbolos. Además, una sección de desmapeo 120 que realiza un procesamiento que es una inversa del procesamiento de la sección de mapeo de símbolos 104 somete las secuencias de símbolos a un procesamiento de desmodulación de una forma por símbolo. Posteriormente, una sección de descodificación 122 que realiza un procesamiento que es una inversa del procesamiento de la sección de codificación de canal 102 somete un resultado de desmodulación a un procesamiento de descodificación de corrección de errores, reproduciendo de ese modo la secuencia de datos transmitida a partir del transmisor 150 y emite la secuencia de datos reproducida de este modo como una secuencia de bits de salida.

El canal de MIMO formado mediante las antenas de recepción del receptor y las antenas de transmisión del transmisor está caracterizado por una matriz de respuesta de canal N por M ($N \times M$) H definida por el número de antenas de transmisor M y el número de antenas de receptor N .

La matriz de respuesta de canal H se descompone mediante el uso de una descomposición en valores singulares, de tal modo que una matriz de proyección correspondiente; a saber, una matriz singular derecha, se puede adquirir. La descomposición en valores singulares de la matriz de respuesta de canal H se representa mediante la expresión (1) proporcionada posteriormente.

[Expresión matemática 1]

$$H = U \Lambda V^H \quad (1)$$

El símbolo de referencia U denota una matriz unitaria N por N ($N \times N$) constituida por un autovector izquierdo de H ; Λ denota una matriz diagonal ($N \times M$) constituida por un valor singular de H ; V denota una matriz unitaria ($M \times M$) constituida por un autovector derecho; y un superíndice H denota una matriz traspuesta conjugada. Una matriz unitaria X está caracterizada por una fórmula característica $X^H X = I$, en la que I denota una matriz unidad. Las columnas de la matriz unitaria son ortogonales entre sí.

El transmisor somete datos de comunicación a un procesamiento espacial mediante el uso del vector de autovalores derecho V de la matriz de respuesta de canal H como una matriz de precodificación. El receptor puede estimar una matriz de respuesta de canal real H^A a partir de una señal de referencia transmitida por el transmisor. Por esta razón, una matriz de precodificación V^A se obtiene a partir de la expresión (1) y se puede cuantificar. En el presente caso, una matriz H , una matriz V , y similares, que no tengan el símbolo A denotan valores teóricos. En contraposición, una matriz H^A , una matriz V^A (el símbolo A se coloca sobre una letra, tal como H , para ser exactos, tal como se puede ver a partir de las expresiones proporcionadas posteriormente), o similares, representa una matriz de respuesta de canal estimada mediante la señal de referencia y una matriz que se ha determinado mediante el uso de un libro de códigos, o similares, y que se va a aplicar en la práctica. Esto mismo también es de aplicación a cualquier elemento homólogo en las siguientes descripciones. El receptor realimenta la matriz de precodificación seleccionada V^A al transmisor, notificando de ese modo la matriz de precodificación que se va a usar en la transmisión. De ese modo, el transmisor puede transmitir datos en un modo único principal del canal de MIMO. En la

realización, se supone que un procedimiento que se ajusta al libro de códigos se usa en la selección de una matriz de precodificación. En el procedimiento de precodificación que se ajusta al libro de códigos, la matriz de precodificación se selecciona de entre un libro de códigos predeterminado $C = \{C_1, C_2, \dots, C_L\}$, en el que el libro de códigos C incluye el número L de matrices unitarias.

5 Tal como ya se ha mencionado en conexión con la técnica anterior, se puede concebir que un libro de códigos que usa matrices diagonales de bloque tenga por objeto una precodificación del sistema de MIMO de polarización cruzada. En concreto, un libro de códigos C que incluye el número L de matrices diagonales de bloque se usa en la operación de precodificación de un transmisor en relación con la transmisión de datos intercambiada entre el transmisor que tiene antenas de transmisión de polarización cruzada y un receptor que tiene antenas de recepción de polarización cruzada.

10 No obstante, en conexión con el canal de MIMO, se aplica una premisa para una XPD ideal para el libro de códigos de este tipo. En este caso, la matriz de canal se puede aproximar mediante una matriz diagonal de bloque. En general, no obstante, no siempre se puede esperar una XPD ideal, y la ortogonalidad que existe entre una onda verticalmente polarizada y una onda horizontalmente polarizada no se puede mantener en ese momento. Por esta razón, una matriz de precodificación que usa un libro de códigos de este tipo no se puede hacer coincidir con una estructura de una matriz de canal en este momento. Como consecuencia, cuando no se satisfacen las condiciones para una XPD ideal, se deteriora el desempeño de precodificación.

15 La interferencia mutua que se desarrolla entre la onda verticalmente polarizada y la onda horizontalmente polarizada da lugar a un problema extremadamente importante, lo que daría como resultado un deterioro de rendimiento en el caso de una XPD incompleta, en relación con la estructura de MIMO de polarización cruzada. El símbolo de referencia α que denota un valor de XPD cae dentro de un intervalo de $0 \leq \alpha \leq 1$. En el caso de una XPD ideal, α se vuelve casi igual a 0 ($\alpha \cong 0$). Una matriz de respuesta de canal H lograda cuando se usan unas antenas de polarización cruzada se puede aproximar mediante la expresión (2) proporcionada posteriormente.

[Expresión matemática 2]

$$25 \quad \mathbf{H} = \mathbf{X}\Theta(\mathbf{R}_t^{1/2} \mathbf{H}_w \mathbf{R}_r^{1/2}) \quad (2)$$

El símbolo de referencia R_t denota una matriz de covarianza de lado de transmisión ($M_t \times M_t$) que muestra un coeficiente de correlación que existe entre ondas polarizadas del transmisor. El símbolo de referencia R_r denota una matriz de covarianza de lado de recepción ($M_r \times M_r$) que muestra un coeficiente de correlación que existe entre ondas polarizadas del receptor. El símbolo de referencia H_w denota una matriz gaussiana compleja que muestra una componente de desvanecimiento lograda cuando no existe correlación alguna entre ondas polarizadas y cuando las ondas polarizadas son independientes entre sí. El símbolo de referencia Θ denota un producto de Hadamard. Además, el símbolo de referencia X denota una matriz basada en XPD. En el caso de una matriz 4 por 2 (4×2) y una matriz 4 por 4 (4×4), las matrices se definen tal como se representa mediante las expresiones (3) proporcionadas posteriormente.

35 [Expresiones matemáticas 3]

$$35 \quad \mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \sqrt{\alpha} & \sqrt{\alpha} \\ \sqrt{\alpha} & \sqrt{\alpha} & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (4 \times 2)$$

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \sqrt{\alpha} & \sqrt{\alpha} \\ 1 & 1 & \sqrt{\alpha} & \sqrt{\alpha} \\ \sqrt{\alpha} & \sqrt{\alpha} & 1 & 1 \\ \sqrt{\alpha} & \sqrt{\alpha} & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (4 \times 4)$$

(3)

40 Por lo tanto, cuando la matriz de respuesta de canal H se representa mediante la expresión (4) proporcionada posteriormente y cuando la XPD es incompleta, una componente superior derecha h_{VH} y una componente inferior izquierda h_{HV} no ascienden a cero debido a la interferencia que existe entre ondas polarizadas. Por consiguiente, cuando la precodificación se realiza mediante el uso de la matriz de precodificación obtenida a partir de la matriz diagonal de bloque, las componentes que no son cero no se utilizan, y se deteriora el desempeño.

[Expresión matemática 4]

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} \mathbf{h}_{VV} & \mathbf{h}_{VH} \\ \mathbf{h}_{HV} & \mathbf{h}_{HH} \end{bmatrix} \quad (4)$$

La presente realización es una propuesta para ortogonalizar un canal eficaz entre ondas polarizadas diferentes tanto como es posible mediante la aplicación de la operación de precodificación según diseño del cliente para ondas de polarización cruzada con el fin de reducir la interferencia entre ondas polarizadas en el sistema de MIMO de polarización cruzada. En la presente realización, se proporcionan un sistema y un procedimiento para potenciar el desempeño de un canal de comunicación de un sistema de comunicación, potenciando de ese modo; por ejemplo, el desempeño de transmisión del sistema de MIMO de polarización cruzada. En concreto, en la presente realización, la técnica de MIMO se usa para aumentar la eficiencia de uso de frecuencia de comunicación de enlace ascendente y comunicación de enlace descendente a través de la red de comunicación inalámbrica celular. Además, se proporciona un procedimiento de precodificación para una MIMO de orden más alto y también para una transmisión de MIMO usando una estructura de antena de polarización cruzada que es eficaz para las restricciones espaciales sobre una instalación de antena. La matriz de respuesta de canal del canal de MIMO se usa en este momento, con lo que el receptor selecciona una matriz de precodificación apropiada para cada onda polarizada como una matriz de precodificación diseñada específicamente para el sistema de MIMO de polarización cruzada. De ese modo se minimiza la interferencia que existe entre una onda horizontalmente polarizada y una onda verticalmente polarizada, para compensar de este modo una característica de XPD pobre del canal. Por lo tanto, de ese modo se elimina una coincidencia inexacta que existe entre la matriz de precodificación y la matriz de canal. En la presente realización, un tamaño dimensional de la matriz de precodificación se reduce mediante el uso de una operación de control de precodificación de sub-secciones que implica realizar una precodificación en sub-secciones separadas para ondas polarizadas respectivas, minimizando de ese modo la influencia sobre la tara de señalización.

(Primera realización)

La figura 2 es un diagrama de bloques que muestra una primera configuración a modo de ejemplo de un sistema de comunicación inalámbrica usando una red de comunicación inalámbrica celular como una primera realización de la presente invención. La primera realización muestra una configuración a modo de ejemplo lograda cuando un transmisor y un receptor tienen, cada uno, una pluralidad de (cuatro en la realización) antenas de polarización cruzada y transmiten una pluralidad de flujos de datos X_1 a X_i . Un sistema de comunicación inalámbrica ilustrado en el presente documento usa una BS de transmisor y un UE de receptor y establece una comunicación de enlace descendente entre un transmisor y un receptor mediante una técnica de MIMO. El número de antenas no se limita a cuatro, y se puede establecer una pluralidad de antenas según se requiera.

El sistema de MIMO de polarización cruzada de la primera realización tiene un transmisor 250 que sirve como BS y un receptor 260 que sirve como UE. El transmisor 250 transmite un flujo de datos multiplexado espacialmente al receptor 260 por medio de un canal de MIMO mediante una comunicación de MIMO. El transmisor 250 tiene cuatro antenas de transmisión 210a (Ant1), 210b (Ant2), 210c (Ant3), y 210d (Ant4) cada una de las cuales tiene una configuración de polarización cruzada. El receptor 260 tiene cuatro antenas de recepción 212a (Ant1), 212b (Ant2), 212c (Ant3), y 212d (Ant4) cada una de las cuales tiene una configuración de polarización cruzada.

En la configuración de la presente realización, el canal de MIMO formado a partir de las antenas de recepción del receptor y las antenas de transmisión del transmisor está caracterizado por una matriz de respuesta de canal 4 por 4 (4x4) H .

Una matriz de respuesta de canal H^{\wedge} es estimada por el receptor a partir de una señal de referencia transmitida por el transmisor. La matriz de respuesta de canal H^{\wedge} se representa mediante la expresión (5) proporcionada posteriormente y se descompone en cada una de las ondas polarizadas; a saber, una onda verticalmente polarizada y una onda horizontalmente polarizada.

[Expresión matemática 5]

$$\hat{\mathbf{H}} = \begin{bmatrix} \hat{\mathbf{h}}_{VV} & \hat{\mathbf{h}}_{VH} \\ \hat{\mathbf{h}}_{HV} & \hat{\mathbf{h}}_{HH} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{\mathbf{H}}_V & \hat{\mathbf{H}}_H \end{bmatrix} \quad (5)$$

El símbolo de referencia H^{\wedge}_V denota una matriz de respuesta de canal que se corresponde con un canal que existe entre una antena de transmisión y una antena de recepción para una onda verticalmente polarizada. El símbolo de referencia H^{\wedge}_H denota una matriz de respuesta de canal que se corresponde con un canal que existe entre una antena de transmisión y una antena de recepción para una onda horizontalmente polarizada. La descomposición en valores singulares de las matrices de respuesta de canal H^{\wedge}_V y H^{\wedge}_H se representa mediante las expresiones (6) proporcionadas posteriormente.

[Expresiones matemáticas 6]

$$\hat{H}_V = \hat{U}_1 \hat{\Lambda}_1 \hat{V}_1^H \quad \hat{H}_H = \hat{U}_2 \hat{\Lambda}_2 \hat{V}_2^H \quad (6)$$

5 El símbolo de referencia U^{\wedge}_1 denota una matriz unitaria 4 por 4 (4x4) que consiste en un autovector izquierdo de H^{\wedge}_V ; Λ^{\wedge}_1 denota una matriz diagonal 4 por 2 (4x2) que consiste en un valor singular de H^{\wedge}_V ; y V^{\wedge}_1 denota una matriz unitaria 2 por 2 (2x2) que consiste en un autovector derecho de H^{\wedge}_V . El símbolo de referencia U^{\wedge}_2 denota una matriz unitaria 4 por 4 (4x4) que consiste en un autovector izquierdo de H^{\wedge}_H ; Λ^{\wedge}_2 denota una matriz diagonal 4 por 2 (4x2) que consiste en un valor singular de H^{\wedge}_H ; y V^{\wedge}_2 denota una matriz unitaria 2 por 2 (2x2) que consiste en un autovector derecho de H^{\wedge}_H .

10 De acuerdo con la realización de la presente invención, una precodificación usando la matriz unitaria se aplica a cada una de las ondas polarizadas. La matriz de respuesta de canal precodificada de este modo se ortogonaliza con respecto a la otra matriz de respuesta de canal (o se ortogonaliza tanto como es posible). En concreto, se selecciona una matriz de precodificación P de la matriz unitaria para una onda polarizada; por ejemplo, una onda horizontalmente polarizada. Un símbolo de datos se procesa espacialmente tal como se muestra en la figura 2. En este momento, una sección de precodificación P realiza una precodificación usando la matriz de precodificación P.

15 La ortogonalidad Φ que existe entre la onda verticalmente polarizada y la onda horizontalmente polarizada se puede evaluar mediante una fórmula que se usa para determinar una suma diagonal (una traza) de productos internos de la matriz de precodificación representada mediante la expresión (7) proporcionada posteriormente.

[Expresión matemática 7]

$$\Phi = tr(\hat{V}_2^H P \hat{V}_1) \quad (7)$$

20 Por consiguiente, con el fin de minimizar la interferencia entre ondas polarizadas diferentes, una matriz de precodificación óptima P se calcula determinando un valor mínimo de tal modo que Φ adopta un valor predeterminado o menos tal como se representa mediante la expresión (8) proporcionada posteriormente.

[Expresión matemática 8]

$$P = \arg \min_{P P^H = I} \Phi = \arg \min_{P P^H = I} tr(\hat{V}_2^H P \hat{V}_1) \quad (8)$$

25 En el procedimiento de optimización de canal, es necesario cuantificar una matriz de precodificación óptima P y devolver la matriz P cuantificada de este modo al transmisor, lo que da como resultado el uso de una banda de realimentación importante. Con el fin de reducir la tara de realimentación, un procedimiento sobre la base de un libro de códigos se usa en el momento de la selección de la matriz de precodificación P en la realización.

30 En el procedimiento sobre la base de un libro de códigos, una matriz de precodificación se selecciona de entre un libro de códigos predeterminado que incluye un grupo de matrices preestablecidas. Por ejemplo, la matriz de precodificación P se puede seleccionar de entre el libro de códigos $C = [C_1, C_2, \dots, C_L]$ con el fin de minimizar la interferencia entre ondas polarizadas. El libro de códigos C incluye el número L de matrices unitarias 2 por 2 (2x2). El número L de matrices unitarias seleccionadas para el libro de códigos C es arbitrario. Por ejemplo, se puede usar el número de DFT empleadas durante el procesamiento de señal.

35 La mejor matriz de precodificación $P = C_i$ para minimizar la interferencia entre ondas polarizadas se selecciona de entre las matrices que incluyen el Φ mínimo tal como se representa mediante la expresión (9) proporcionada posteriormente.

[Expresión matemática 9]

$$i = \arg \min_{C_i \in C} \Phi = \arg \min_{C_i \in C} tr(\hat{V}_2^H C_i \hat{V}_1) \quad (9)$$

40 De pueden dar detalles diferentes al libro de códigos mediante el uso de un desempeño diferente y requisitos diferentes para la complejidad. A modo de ejemplo, el número L de matriz unitaria determinado por las DFT se puede formar en el libro de códigos C tal como se representa mediante la expresión (10) proporcionada posteriormente.

[Expresión matemática 10]

$$C = \left\{ \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \exp(j2\pi k/4) \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}, k = 0, \dots, 3 \right\} \quad (10)$$

45 El mismo libro de códigos también se puede usar para seleccionar las matrices de precodificación V_1 y V_2 en una

sección de precodificación V que somete ondas polarizadas respectivas a una precodificación. Con el fin de facilitar la implementación de la realización, se supone que las respuestas de canal a ondas polarizadas diferentes son idénticas entre sí, y se supone que una única matriz también se puede usar como las matrices de precodificación V_1 y V_2 para precodificar las ondas polarizadas respectivas.

- 5 Como resultado del uso del procedimiento de precodificación propuesto en la realización, el receptor ha de realimentar la matriz de precodificación seleccionada o un índice del libro de códigos al transmisor y notificar una matriz de precodificación que se va a usar para transmitir una onda polarizada diferente a partir de un grupo de antenas diferente.

10 La presente invención proporciona un procedimiento eficaz para un control de precodificación en el sistema de MIMO de polarización cruzada. De acuerdo con la realización, la matriz de precodificación P se selecciona con el fin de minimizar la interferencia entre la onda verticalmente polarizada y la onda horizontalmente polarizada, compensando de ese modo una característica de XPD pobre en el canal de MIMO. Simultáneamente, en la realización, el libro de códigos usado en el sistema de MIMO de polarización cruzada incluye matrices que son de un orden más bajo que el de las matrices incluidas en el libro de códigos empleado en un único sistema de MIMO polarizado. Por ejemplo, un libro de códigos 4 por 4 (4x4) se puede usar para un sistema que usa ocho antenas de transmisión. De ese modo, se puede mantener una tara de señalización apropiada para un control de precodificación.

15 Tal como se muestra en la figura 2, el transmisor 250 tiene una sección de codificación de canal 202, una sección de mapeo de símbolos 204, una sección de multiplexación espacial 206, una sección de procesamiento de precodificación 208, una sección de mapeo de antenas 209, y cuatro antenas de transmisión de polarización cruzada 210a a 210d. La sección de procesamiento de precodificación 208 tiene una primera sección de precodificación 208a que aplica una matriz de precodificación V a las ondas polarizadas y una segunda sección de precodificación 208b que aplica una matriz de precodificación P a las ondas polarizadas. En el transmisor 250, las funciones de una sección de transmisión se materializan mediante la sección de mapeo de antenas 209, una sección de RF no ilustrada, y las antenas de transmisión 210a a 210d.

20 Una secuencia de datos que se va a transmitir se introduce como una secuencia de bits de entrada en el transmisor 250. La sección de codificación de canal 202 somete la secuencia de bits de entrada a un procesamiento de codificación de corrección de errores, para codificar de este modo la secuencia de bits de entrada. Posteriormente, la sección de mapeo de símbolos 204 modula la secuencia de bits codificada de este modo de acuerdo con un esquema de modulación predeterminado, tal como QPSK y 16QAM, produciendo de ese modo un símbolo modulado. La sección de multiplexación espacial 206 somete el símbolo modulado a un procesamiento de multiplexación espacial, generando de ese modo una pluralidad de flujos espaciales X_1 a X_i . Posteriormente, la sección de procesamiento de precodificación 208 somete simultáneamente una mitad de la pluralidad de flujos espaciales X_1 a X_i y los flujos espaciales restantes a un procesamiento de precodificación. En primer lugar, la primera sección de precodificación 208a aplica la matriz de precodificación V a todos los flujos espaciales X_1 a X_i , precodificando de ese modo los flujos espaciales. Posteriormente, la segunda sección de precodificación 208b aplica la matriz de precodificación adicional P a los flujos de datos Z_3 y Z_4 entre la pluralidad de flujos de datos precodificados Z_1 a Z_4 , precodificando de ese modo los flujos de datos. Por lo tanto, se obtienen los flujos espaciales precodificados S_1 , S_2 , S_3 y S_4 . La sección de mapeo de antenas 209 mapea los flujos espaciales precodificados S_1 a S_4 con la pluralidad de antenas de transmisión y transmite los flujos mapeados de este modo a partir de las antenas 210a a 210d (Ant1 a Ant4) que difieren entre sí en términos de una onda polarizada. En una realización ilustrada, las antenas 210a (Ant1) y 210b (Ant2) son antenas verticalmente polarizadas, y las antenas 210c (Ant3) y 210d (Ant4) son antenas horizontalmente polarizadas. Los flujos espaciales S_3 y S_4 transmitidos a partir de las antenas de transmisión horizontalmente polarizadas se someten a una precodificación que usa la matriz de precodificación adicional P, adquiriendo de ese modo una ortogonalidad entre las ondas polarizadas.

25 Los flujos espaciales transmitidos a partir del transmisor 250 pasan a través de canales de MIMO correspondientes y son recibidos por las antenas de recepción 212a a 212d en el receptor 260. El receptor 260 tiene las cuatro antenas de recepción de polarización cruzada 212a a 212d; una sección de estimación de canal y de selección de precodificación 214; una sección de detección de MIMO 216; una sección de desmultiplexación 218; una sección de desmapeo 220; y una sección de descodificación 222. En el receptor 260, las funciones de una sección de recepción se obtienen mediante las antenas de recepción 212a a 212d, una sección de RF no ilustrada, y similares. Además, la sección de detección de MIMO 216 obtiene una función de una sección de separación de señal. Las funciones de una sección de descodificación se obtienen mediante la sección de desmultiplexación 218, la sección de desmapeo 220, la sección de descodificación 222, y similares. La sección de estimación de canal y de selección de precodificación 214 tiene una función de una sección de estimación de canal, una función de una sección de selección de precodificación, y una función de una sección de notificación de información de control.

30 En el receptor 260, la sección de estimación de canal y de selección de precodificación 214 estima una trayectoria de propagación mediante el uso de una señal de referencia entre las señales recibidas por las antenas de recepción 212a a 212d, estimando de ese modo una matriz de respuesta de canal del canal de MIMO entre el transmisor 250 y el receptor 260. Un resultado de la estimación de la trayectoria de propagación se emite como una matriz de canal a la sección de detección de MIMO 216. Tal como se representa mediante las expresiones (5) a (10), la sección de

estimación de canal y de selección de precodificación 214 descompone la matriz de respuesta de canal estimada de este modo y selecciona las matrices de precodificación V y P de acuerdo con el procedimiento de precodificación de la realización. Posteriormente, se emite una información de precodificación PMI, como índices de las matrices de precodificación V y P seleccionadas por la sección de estimación de canal y de selección de precodificación 214, y se realimenta al transmisor 250.

La sección de detección de MIMO 216 somete las señales de datos r^{\wedge}_1 , r_2 , r_3 y r_4 entre las señales recibidas por las antenas de recepción a un procesamiento de separación de MIMO mediante el uso de la matriz de canal, para detectar y separar de este modo los flujos de datos a partir del transmisor y adquirir de ese modo unos flujos separados X^{\wedge}_1 a X^{\wedge}_i . Posteriormente, la sección de desmultiplexación 218 que realiza un procesamiento que es una inversa del procesamiento realizado por la sección de multiplexación espacial 206 reorganiza los flujos detectados y separados para dar una secuencia de símbolos. La sección de desmapeo 202 que realiza un procesamiento que es una inversa del procesamiento realizado por la sección de mapeo de símbolos 204 somete las secuencias de símbolos a un procesamiento de desmodulación de una forma por símbolo. Posteriormente, la sección de decodificación 222 que realiza un procesamiento que es una inversa del procesamiento realizado por la sección de codificación de canal 202 somete las secuencias de símbolos a un procesamiento de decodificación de corrección de errores, para reproducir de este modo la secuencia de datos transmitida a partir del transmisor 250 y emitida como una secuencia de bits de salida.

La figura 3 es un diagrama de flujo que muestra procedimientos de operación de la realización e ilustra un procedimiento para realizar una transmisión de MIMO a través del canal de MIMO en el sistema de MIMO de polarización cruzada. En primer lugar, en la etapa 302, el receptor estima una matriz de respuesta de canal entre la pluralidad de antenas del transmisor y la pluralidad de antenas del receptor mediante el uso de la señal de referencia RS transmitida a partir del transmisor. A continuación, en la etapa 304, el receptor descompone la matriz de respuesta de canal en una parte que representa respuestas de canal a partir de antenas de transmisión polarizadas diferentes, con el fin de adquirir matrices de respuesta de canal para ondas polarizadas respectivas. La matriz de respuesta de canal se descompone en dos partes con el fin de separar las ondas polarizadas en ondas verticalmente polarizadas y ondas horizontalmente polarizadas.

En la etapa 306, el receptor calcula matrices de precodificación o selecciona las mismas de entre el libro de códigos en respuesta a la transmisión de datos de ondas polarizadas diferentes a partir del transmisor. Dos matrices de precodificación se seleccionan a continuación en respuesta a la onda verticalmente polarizada y la onda horizontalmente polarizada. En la etapa 308, el receptor calcula una matriz de precodificación adicional obtenida a partir de una matriz de proyección o selecciona las mismas de entre el libro de códigos, en respuesta a la transmisión de datos de una onda polarizada a partir del transmisor de una forma tal que las matrices de respuesta de canal precodificadas para ondas polarizadas diferentes se ortogonalizan mutuamente o se pueden ortogonalizar tanto como es posible. En la etapa 310, el receptor realimenta al transmisor una información de precodificación que especifica una matriz de precodificación seleccionada.

En la etapa 312, el transmisor genera y transmite un flujo de datos a partir de la señalización asignada a un enlace descendente correspondiente que incluye una información acerca de la matriz de precodificación y una tasa de transmisión. Por último, en la etapa 314, el receptor recibe el flujo de datos transmitido a partir del transmisor y detecta MIMO, adquiriendo de ese modo el flujo de datos que se va a reproducir.

Tal como se ha mencionado anteriormente, en la presente realización, se selecciona una matriz de precodificación apropiada para cada onda polarizada diferente, y el transmisor aplica una precodificación más estricta que se ajusta a una onda polarizada a las ondas polarizadas. Por esta razón, el receptor selecciona una matriz de precodificación apropiada mediante el uso de una matriz de respuesta de canal y minimiza la interferencia entre la onda horizontalmente polarizada y la onda verticalmente polarizada, compensando de ese modo una característica de XPD pobre en el canal. La matriz de respuesta de canal se divide en este momento para cada una de las ondas polarizadas y aplica una matriz de precodificación adicional a una onda polarizada de una forma tal que las matrices de respuesta de canal entre las ondas polarizadas se ortogonalizan mutuamente o se ortogonalizan tanto como es posible. Incluso cuando el sistema de MIMO de polarización cruzada no adquiere una XPD ideal, se puede atenuar la interferencia entre las ondas polarizadas diferentes, y se restringe una pérdida debido a la interferencia, de tal modo que el desempeño de transmisión se puede potenciar.

La primera realización mostrada en la figura 2 muestra una realización común teniendo en cuenta la transmisión de una pluralidad de flujos en el sistema de MIMO de polarización cruzada de 4 por 4. Tal como se describirá en conexión con la segunda a la quinta realizaciones mostradas en las figuras 4 a 7, la presente invención se puede aplicar a ejemplos de transmisión de rangos diferentes. En el presente caso, la palabra "rango" es equivalente al número de flujos de datos transmitidos en una forma multiplexada.

(Segunda realización)

La figura 4 es un diagrama de bloques que muestra una segunda configuración a modo de ejemplo del sistema de comunicación inalámbrica usando la red de comunicación inalámbrica celular. La segunda realización es una configuración a modo de ejemplo teniendo en cuenta una transmisión de rango 1 (el número de flujos de transmisión

es uno) realizada en el sistema de MIMO de polarización cruzada de 4 por 4. Un transmisor 450 tiene cuatro antenas de transmisión 410a a 410d (Ant1 a 4) cada una de las cuales tiene una estructura de polarización cruzada, y el receptor 460 tiene cuatro antenas de recepción 412a a 412d (Ant1 a 4) cada una de las cuales tiene una configuración de polarización cruzada. Un flujo de datos multiplexado espacialmente se transmite del transmisor 450 al receptor 460 mediante una transmisión de MIMO y por medio de un canal de MIMO.

El transmisor 450 incluye una sección de codificación de canal 402, una sección de mapeo de símbolos 404, una sección de diversidad de transmisión 406, una sección de procesamiento de precodificación 408 y una sección de mapeo de antenas 409. La sección de procesamiento de precodificación 408 incluye una primera sección de precodificación 408a que aplica una matriz de precodificación V_1 a las ondas polarizadas, una segunda sección de precodificación 408b que aplica una matriz de precodificación V_2 a las ondas polarizadas, y una tercera sección de precodificación 408c que aplica una matriz de precodificación P a las ondas polarizadas.

En el transmisor 450, la sección de codificación de canal 402 codifica una secuencia de bits de entrada, y la sección de mapeo de símbolos 404 modula posteriormente la secuencia de bits, para producir de este modo un símbolo modulado. La sección de diversidad de transmisión 406 somete el símbolo modulado a un procesamiento de diversidad de transmisión, produciendo de ese modo dos flujos espaciales X_1 y X_1' . Debido a que a la transmisión se le da rango uno en este caso, los flujos espaciales X_1 y X_1' para la diversidad de transmisión se generan a partir de un flujo X_1 . Posteriormente, la sección de procesamiento de precodificación 408 somete los dos flujos espaciales X_1 y X_1' a un procesamiento de precodificación. En primer lugar, la primera sección de precodificación 408a aplica la matriz de precodificación V_1 al flujo espacial X_1 , precodificando de ese modo el flujo espacial. La segunda sección de precodificación 408b aplica la matriz de precodificación V_2 al flujo espacial X_1' , precodificando de ese modo el flujo espacial. La tercera sección de precodificación 408c aplica a continuación la matriz de precodificación adicional P al un flujo espacial precodificado X_1' , precodificando de ese modo el flujo espacial. Por lo tanto, se adquieren los flujos espaciales precodificados S_1, S_2, S_3 y S_4 . La sección de mapeo de antenas 409 mapea los flujos espaciales precodificados S_1 a S_4 con la pluralidad de antenas de transmisión, transmitiendo de ese modo flujos espaciales a partir de las antenas de transmisión verticalmente polarizadas 410a y 410b y las antenas de transmisión horizontalmente polarizadas 410c y 410d. En este caso, los flujos espaciales S_3 y S_4 (X_1') transmitidos a partir de las antenas de transmisión horizontalmente polarizadas se someten a una precodificación usando la matriz de precodificación adicional P , logrando de ese modo una ortogonalidad entre las ondas polarizadas.

Los flujos espaciales transmitidos a partir del transmisor 450 pasan a través de un canal de MIMO correspondiente y son recibidos por las antenas de recepción 412a a 412d en el receptor 460. El receptor 460 tiene una sección de estimación de canal y de selección de precodificación 414, una sección de detección de MIMO 416, una sección de desmultiplexación 418, una sección de desmapeo 420 y una sección de descodificación 422.

En el receptor 460, la sección de estimación de canal y de selección de precodificación 414 estima una trayectoria de propagación mediante el uso de una señal de referencia de la señal recibida, estimando de ese modo una matriz de respuesta de canal del canal de MIMO. Un resultado de la estimación de una trayectoria de propagación se emite como una matriz de canal a la sección de detección de MIMO 416. Tal como se representa mediante las expresiones (5) a (9), la sección de estimación de canal y de selección de precodificación 414 descompone la matriz de respuesta de canal estimada y selecciona las matrices de precodificación V_1, V_2 y P de acuerdo con el procedimiento de precodificación de la presente realización. Posteriormente, una información de precodificación PMI se emite como índices de las matrices de precodificación V_1, V_2 y P seleccionadas por la sección de estimación de canal y de selección de precodificación 414, y la información emitida de este modo se realimenta al transmisor 450.

En relación con el libro de códigos usado en la realimentación de la matriz de precodificación P , se puede seleccionar una matriz como el libro de códigos C mostrado en la expresión (10). Además, en relación con el libro de códigos usado en la realimentación de las matrices de precodificación V_1 y V_2 , se puede seleccionar una matriz como un libro de códigos Φ mostrado en la expresión (11) proporcionada posteriormente.

[Expresión matemática 11]

$$\Phi = \left\{ \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ \exp(j2\pi k/4) \end{bmatrix}, k = 0, \dots, 3 \right\} \quad (11)$$

En concreto, un libro de códigos Φ de la expresión (11) incluye un vector extraído de una primera columna de la matriz en el libro de códigos C de la expresión (10). Las matrices de precodificación V_1, V_2 y P , tales como las que mantienen la ortogonalidad entre ondas polarizadas, se seleccionan mediante el uso del libro de códigos, y los índices de las matrices de precodificación seleccionadas de este modo se realimentan al transmisor 450.

La sección de detección de MIMO 416 somete las señales de datos r_1, r_2, r_3 y r_4 de las señales recibidas por las antenas de recepción a un procesamiento de separación de MIMO mediante el uso de la matriz de canal, detectando y separando de ese modo el flujo de datos a partir del transmisor. Los flujos separados X^{\wedge}_1 a X^{\wedge}_4 se adquieren de este modo. Posteriormente, cada uno de los flujos separados y detectados por la sección de desmultiplexación 418 se reorganiza para dar una secuencia de símbolos, y la sección de desmapeo 420 somete las secuencias de

símbolos reorganizadas de este modo a un procesamiento de desmodulación de una forma por símbolo. Posteriormente, la sección de decodificación 422 somete las secuencias desmoduladas a un procesamiento de decodificación de corrección de errores, reproduciendo de ese modo la secuencia de datos emitida a partir del transmisor 450 y emitiendo la secuencia de datos como una secuencia de bits de salida.

5 (Tercera realización)

La figura 5 es un diagrama de bloques que muestra una tercera configuración a modo de ejemplo del sistema de comunicación inalámbrica usando la red de comunicación inalámbrica celular. La tercera realización es una configuración a modo de ejemplo teniendo en cuenta una transmisión de rango 2 (el número de flujos de transmisión es dos) en el sistema de MIMO de polarización cruzada de 4 por 4. Un transmisor 550 tiene cuatro antenas de transmisión 510a a 510d (Ant1 a 4) cada una de las cuales tiene una configuración de polarización cruzada. Un receptor 560 tiene cuatro antenas de recepción 512a a 512d (Ant1 a 4) cada una de las cuales tiene una configuración de polarización cruzada. Un flujo de datos multiplexado espacialmente se transmite del transmisor 550 al receptor 560 mediante una comunicación de MIMO y por medio de un canal de MIMO.

El transmisor 550 tiene una sección de codificación de canal 502, una sección de mapeo de símbolos 504, una sección de multiplexación espacial 506, una sección de procesamiento de precodificación 508 y una sección de mapeo de antenas 509. La sección de procesamiento de precodificación 508 incluye una primera sección de precodificación 508a que aplica una matriz de precodificación V_1 a las ondas polarizadas, una segunda sección de precodificación 508b que aplica una matriz de precodificación V_2 a las ondas polarizadas, y una tercera sección de precodificación 508c que aplica una matriz de precodificación P a las ondas polarizadas.

En el transmisor 550, la sección de codificación de canal 502 codifica una secuencia de bits de entrada, y la sección de mapeo de símbolos 504 modula posteriormente la secuencia de bits codificada de este modo, para producir de este modo un símbolo modulado. La sección de multiplexación espacial 506 somete el símbolo modulado a un procesamiento de multiplexación espacial, produciendo de ese modo dos flujos espaciales X_1 y X_2 . Posteriormente, la sección de procesamiento de precodificación 508 somete los dos flujos espaciales X_1 y X_2 a un procesamiento de precodificación. La primera sección de precodificación 508a aplica la matriz de precodificación V_1 al flujo espacial X_1 , precodificando de ese modo el flujo. La segunda sección de precodificación 508b aplica la matriz de precodificación V_2 al flujo espacial X_2 , precodificando de ese modo el flujo. Posteriormente, la tercera sección de precodificación 508c aplica la matriz de precodificación adicional P al un flujo espacial precodificado X_2 , precodificando de ese modo el flujo. Los flujos espaciales precodificados S_1 , S_2 , S_3 y S_4 se producen de ese modo. La sección de mapeo de antenas 509 mapea los flujos espaciales precodificados S_1 a S_4 con la pluralidad de antenas de transmisión y transmite los flujos espaciales a partir de las antenas de transmisión verticalmente polarizadas 510a y 510b y las antenas de transmisión horizontalmente polarizadas 510c y 510d. En este caso, los flujos espaciales S_3 y S_4 (X_2) transmitidos a partir de las antenas de transmisión horizontalmente polarizadas se someten a una precodificación usando la matriz de precodificación adicional P , logrando de ese modo una ortogonalidad entre las ondas polarizadas.

Los flujos espaciales transmitidos a partir del transmisor 550 pasan a través del canal de MIMO correspondiente y son recibidos por las antenas de recepción 512a a 512d en el receptor 560. El receptor 560 tiene una sección de estimación de canal y de selección de precodificación 514, una sección de detección de MIMO 516, una sección de desmultiplexación 518, una sección de desmapeo 520 y una sección de decodificación 522.

En el receptor 560, la sección de estimación de canal y de selección de precodificación 514 estima una trayectoria de propagación mediante el uso de una señal de referencia, estimando de ese modo una matriz de respuesta de canal del canal de MIMO. Tal como se representa mediante las expresiones (5) a (9), la sección de estimación de canal y de selección de precodificación 514 descompone la matriz de respuesta de canal estimada y selecciona las matrices de precodificación V_1 , V_2 y P de acuerdo con el procedimiento de precodificación de la presente realización. En relación con el libro de códigos usado en la realimentación de la matriz de precodificación P , la matriz se puede seleccionar como el libro de códigos C representado mediante la expresión (10). Además, en relación con el libro de códigos usado en la realimentación de las matrices de precodificación V_1 y V_2 , se puede seleccionar una matriz como el libro de códigos Φ representado mediante la expresión (11). Las matrices de precodificación V_1 , V_2 y P , tales como las que mantienen la ortogonalidad entre ondas polarizadas, se seleccionan mediante el uso de estos libros de códigos. Una información de precodificación PMI se emite como índices de las matrices de precodificación seleccionadas por la sección de estimación de canal y de selección de precodificación 514, y la información emitida de este modo se realimenta al transmisor 550.

La sección de detección de MIMO 516 somete las señales de datos recibidas r_1 , r_2 , r_3 y r_4 a un procesamiento de separación de MIMO mediante el uso de la matriz de canal, detectando y separando de ese modo el flujo de datos a partir del transmisor. Los flujos separados X^{\wedge}_1 a X^{\wedge}_4 se adquieren de este modo. Posteriormente, cada uno de los flujos separados y detectados por la sección de desmultiplexación 518 se reorganiza para dar una secuencia de símbolos, y la sección de desmapeo 520 somete las secuencias de símbolos reorganizadas de este modo a un procesamiento de desmodulación de una forma por símbolo. Posteriormente, la sección de decodificación 522 somete las secuencias desmoduladas a un procesamiento de decodificación de corrección de errores, reproduciendo de ese modo la secuencia de datos emitida a partir del transmisor 550 y emitiendo la secuencia de

datos como una secuencia de bits de salida.

(Cuarta realización)

5 La figura 6 es un diagrama de bloques que muestra una cuarta configuración a modo de ejemplo del sistema de comunicación inalámbrica usando la red de comunicación inalámbrica celular. La cuarta realización es una configuración a modo de ejemplo teniendo en cuenta una transmisión de rango 3 (el número de flujos de transmisión es tres) en el sistema de MIMO de polarización cruzada de 4 por 4. Un transmisor 650 tiene cuatro antenas de transmisión 610a a 610d (Ant1 a 4) cada una de las cuales tiene una configuración de polarización cruzada. Un receptor 660 tiene cuatro antenas de recepción 612a a 612d (Ant1 a 4) cada una de las cuales tiene una configuración de polarización cruzada. Un flujo de datos multiplexado espacialmente se transmite del transmisor 650 al receptor 660 mediante una comunicación de MIMO y por medio de un canal de MIMO.

10 El transmisor 650 tiene una sección de codificación de canal 602, una sección de mapeo de símbolos 604, una sección de multiplexación espacial 606, una sección de procesamiento de precodificación 608 y una sección de mapeo de antenas 609. La sección de procesamiento de precodificación 608 incluye una primera sección de precodificación 608a que aplica una matriz de precodificación V_1 a las ondas polarizadas, una segunda sección de precodificación 608b que aplica una matriz de precodificación V_2 a las ondas polarizadas, y una tercera sección de precodificación 608c que aplica una matriz de precodificación P a las ondas polarizadas.

15 En el transmisor 650, la sección de codificación de canal 602 codifica una secuencia de bits de entrada, y la sección de mapeo de símbolos 604 modula posteriormente la secuencia de bits codificada de este modo, para producir de este modo un símbolo modulado. La sección de multiplexación espacial 606 somete el símbolo modulado a un procesamiento de multiplexación espacial, produciendo de ese modo tres flujos espaciales X_1 , X_2 , y X_3 . Posteriormente, la sección de procesamiento de precodificación 608 somete a un procesamiento de precodificación cada uno de dos grupos de flujos espaciales en los que se han dividido los tres flujos espaciales. A continuación, la primera sección de precodificación 608a aplica la matriz de precodificación V_1 al flujo espacial X_1 , precodificando de ese modo el flujo. La segunda sección de precodificación 608b aplica la matriz de precodificación V_2 a los flujos espaciales X_2 y X_3 . Posteriormente, la tercera sección de precodificación 608c aplica la matriz de precodificación adicional P a los flujos espaciales, precodificando de ese modo los flujos espaciales. Los flujos espaciales precodificados S_1 , S_2 , S_3 y S_4 se producen de ese modo. La sección de mapeo de antenas 609 mapea los flujos espaciales precodificados S_1 a S_4 con la pluralidad de antenas de transmisión y transmite los flujos espaciales a partir de las antenas de transmisión verticalmente polarizadas 610a y 610b y las antenas de transmisión horizontalmente polarizadas 610c y 610d. En este caso, los flujos espaciales S_3 y S_4 (X_2 y X_3) transmitidos a partir de las antenas de transmisión horizontalmente polarizadas se someten a una precodificación usando la matriz de precodificación adicional P , logrando de ese modo una ortogonalidad entre las ondas polarizadas.

20 Los flujos espaciales transmitidos a partir del transmisor 650 pasan a través del canal de MIMO correspondiente y son recibidos por las antenas de recepción 612a a 612d en el receptor 660. El receptor 660 tiene una sección de estimación de canal y de selección de precodificación 614, una sección de detección de MIMO 616, una sección de desmultiplexación 618, una sección de desmapeo 620 y una sección de descodificación 622.

25 En el receptor 660, la sección de estimación de canal y de selección de precodificación 614 estima una trayectoria de propagación mediante el uso de una señal de referencia, estimando de ese modo una matriz de respuesta de canal del canal de MIMO. Tal como se representa mediante las expresiones (5) a (9), la sección de estimación de canal y de selección de precodificación 614 descompone la matriz de respuesta de canal estimada y selecciona las matrices de precodificación V_1 , V_2 y P de acuerdo con el procedimiento de precodificación de la presente realización. En relación con el libro de códigos usado en la realimentación de la matriz de precodificación V_1 , la matriz se puede seleccionar como el libro de códigos Φ representado mediante la expresión (11). En relación con el libro de códigos usado en la realimentación de las matrices de precodificación V_2 y P , la matriz se puede seleccionar como el libro de códigos C representado mediante la expresión (10). Las matrices de precodificación V_1 , V_2 y P , tales como las que mantienen la ortogonalidad entre ondas polarizadas, se seleccionan mediante el uso de estos libros de códigos. Una información de precodificación PMI se emite como índices de las matrices de precodificación seleccionadas por la sección de estimación de canal y de selección de precodificación 614, y la información emitida de este modo se realimenta al transmisor 650.

30 La sección de detección de MIMO 616 somete las señales de datos recibidas r_1 , r_2 , r_3 y r_4 a un procesamiento de separación de MIMO mediante el uso de la matriz de canal, detectando y separando de ese modo el flujo de datos a partir del transmisor. Los flujos separados X^{\wedge}_1 a X^{\wedge}_4 se adquieren de este modo. Posteriormente, cada uno de los flujos separados y detectados por la sección de desmultiplexación 618 se reorganiza para dar una secuencia de símbolos, y la sección de desmapeo 620 somete las secuencias de símbolos reorganizadas de este modo a un procesamiento de desmodulación de una forma por símbolo. Posteriormente, la sección de descodificación 622 somete las secuencias desmoduladas a un procesamiento de descodificación de corrección de errores, reproduciendo de ese modo la secuencia de datos emitida a partir del transmisor 650 y emitiendo la secuencia de datos como una secuencia de bits de salida.

En relación con LTE, el procesamiento para agrupar preferentemente los flujos de orden bajo y asignar datos únicos

al flujo agrupado de este modo se realiza en el momento del control dinámico del número de flujos de transmisión, tal como se especifica en la tabla 6.3.3.2-1: El mapeo de palabras de código a capas para la multiplexación espacial (mapeo de palabras de código a capas en multiplexación espacial) mostrada en la figura 9 con respecto a la TS (Especificación técnica) 36.211 V8.4.0 de 3GPP. Más en concreto, cuando el número de flujos de transmisión es tres (rango 3: Número de capas = 3), la asignación de datos se realiza de una forma tal que $d^{(0)}$ se asigna únicamente a un flujo $x^{(0)}$ y que $d^{(1)}$ usa dos flujos $x^{(1)}$ y $x^{(2)}$ de una forma agrupada. Mediante una operación de control, el lado de transmisión crea, por ejemplo, una situación en la que la calidad se vuelve peor en secuencia de $x^{(0)}$ a $x^{(2)}$ mediante un control de precodificación y usa dos flujos de calidad deteriorada de una forma agrupada, recogiendo de ese modo energía de los recursos correspondientes. Por lo tanto, se vuelve posible aspirar a un efecto de diversidad.

Un control de asignación de flujos de transmisión, tal como el mencionado anteriormente, se aplica a la transmisión de rango 3 de la presente realización, y se realiza un procesamiento mientras un flujo de calidad alta y de orden alto X_1 y los dos flujos de calidad baja y de orden bajo X_2 y X_3 se separan entre sí, potenciando de ese modo la eficiencia de transmisión tanto como es posible. El primer flujo X_1 se aplica a una onda polarizada en este momento, y una precodificación adicional se aplica al segundo flujo X_2 y el tercer flujo X_3 , para aplicar de este modo el segundo y el tercer flujos a la otra onda polarizada. Por lo tanto, se mantiene la ortogonalidad entre las ondas polarizadas, con lo que se potencia el desempeño de transmisión, y se implementa una eficiencia de transmisión más alta.

(Quinta realización)

La figura 7 es un diagrama de bloques que muestra una quinta configuración a modo de ejemplo del sistema de comunicación inalámbrica usando la red de comunicación inalámbrica celular. La quinta realización es una configuración a modo de ejemplo teniendo en cuenta una transmisión de rango completo (rango 4: el número de flujos de transmisión es cuatro) en el sistema de MIMO de polarización cruzada de 4 por 4. Un transmisor 750 tiene cuatro antenas de transmisión 710a a 710d (Ant1 a 4) cada una de las cuales tiene una configuración de polarización cruzada. Un receptor 760 tiene cuatro antenas de recepción 712a a 712d (Ant1 a 4) cada una de las cuales tiene una configuración de polarización cruzada. Un flujo de datos multiplexado espacialmente se transmite del transmisor 750 al receptor 760 mediante una comunicación de MIMO y por medio de un canal de MIMO.

El transmisor 750 tiene una sección de codificación de canal 702, una sección de mapeo de símbolos 704, una sección de multiplexación espacial 706, una sección de procesamiento de precodificación 708 y una sección de mapeo de antenas 709. La sección de procesamiento de precodificación 708 incluye una primera sección de precodificación 708a que aplica una matriz de precodificación V_1 a las ondas polarizadas, una segunda sección de precodificación 708b que aplica una matriz de precodificación V_2 a las ondas polarizadas, y una tercera sección de precodificación 708c que aplica una matriz de precodificación P a las ondas polarizadas.

En el transmisor 750, la sección de codificación de canal 702 codifica una secuencia de bits de entrada, y la sección de mapeo de símbolos 704 modula posteriormente la secuencia de bits codificada de este modo, para producir de este modo un símbolo modulado. La sección de multiplexación espacial 706 somete el símbolo modulado a un procesamiento de multiplexación espacial, produciendo de ese modo cuatro flujos espaciales X_1 , X_2 , X_3 , y X_4 . Posteriormente, la sección de procesamiento de precodificación 708 somete a un procesamiento de precodificación cada uno de dos grupos de flujos espaciales en los que se han dividido los cuatro flujos espaciales. A continuación, la primera sección de precodificación 708a aplica la matriz de precodificación V_1 a los flujos espaciales X_1 y X_2 , precodificando de ese modo los flujos. La segunda sección de precodificación 708b aplica la matriz de precodificación V_2 a los flujos espaciales X_3 y X_4 . Posteriormente, la tercera sección de precodificación 708c aplica la matriz de precodificación adicional P a los flujos espaciales, precodificando de ese modo los flujos espaciales. Los flujos espaciales precodificados S_1 , S_2 , S_3 y S_4 se producen de ese modo. La sección de mapeo de antenas 709 mapea los flujos espaciales precodificados S_1 a S_4 con la pluralidad de antenas de transmisión y transmite los flujos espaciales a partir de las antenas de transmisión verticalmente polarizadas 710a y 710b y las antenas de transmisión horizontalmente polarizadas 710c y 710d. En este caso, los flujos espaciales S_3 y S_4 (X_3 y X_4) transmitidos a partir de las antenas de transmisión horizontalmente polarizadas se someten a una precodificación usando la matriz de precodificación adicional P , logrando de ese modo una ortogonalidad entre las ondas polarizadas.

Los flujos espaciales transmitidos a partir del transmisor 750 pasan a través del canal de MIMO correspondiente y son recibidos por las antenas de recepción 712a a 712d en el receptor 760. El receptor 760 tiene una sección de estimación de canal y de selección de precodificación 714, una sección de detección de MIMO 716, una sección de desmultiplexación 718, una sección de desmapeo 720 y una sección de descodificación 722.

En el receptor 760, la sección de estimación de canal y de selección de precodificación 714 estima una trayectoria de propagación mediante el uso de una señal de referencia, estimando de ese modo una matriz de respuesta de canal del canal de MIMO. Tal como se representa mediante las expresiones (5) a (9), la sección de estimación de canal y de selección de precodificación 714 descompone la matriz de respuesta de canal estimada y selecciona las matrices de precodificación V_1 , V_2 y P de acuerdo con el procedimiento de precodificación de la presente realización. En relación con el libro de códigos usado en la realimentación de las matrices de precodificación V_1 , V_2 y P , la matriz se puede seleccionar como el libro de códigos C representado mediante la expresión (10). Las matrices de precodificación V_1 , V_2 y P que mantienen la ortogonalidad entre las ondas polarizadas se seleccionan mediante el

uso del libro de códigos. Una información de precodificación PMI se emite como índices de las matrices de precodificación seleccionadas por la sección de estimación de canal y de selección de precodificación 714, y la información emitida de este modo se realimenta al transmisor 750.

5 La sección de detección de MIMO 716 somete las señales de datos recibidas r_1 , r_2 , r_3 y r_4 a un procesamiento de separación de MIMO mediante el uso de la matriz de canal, detectando y separando de ese modo el flujo de datos a partir del transmisor. Los flujos separados X^{\wedge}_1 a X^{\wedge}_4 se adquieren de este modo. Posteriormente, cada uno de los flujos separados y detectados por la sección de desmultiplexación 718 se reorganiza para dar una secuencia de símbolos, y la sección de desmapeo 720 somete las secuencias de símbolos reorganizadas de este modo a un procesamiento de desmodulación de una forma por símbolo. La sección de descodificación 722 somete
10 posteriormente las secuencias desmoduladas a un procesamiento de descodificación de corrección de errores, reproduciendo de ese modo la secuencia de datos emitida a partir del transmisor 750 y emitiendo la secuencia de datos como una secuencia de bits de salida.

De acuerdo con el segundo al quinto ejemplos, un control de precodificación eficaz que atenúa la interferencia entre las ondas polarizadas se puede realizar durante la transmisión de los rangos respectivos realizados en un sistema de MIMO que usa una estructura de antena de polarización cruzada, de tal modo que de ese modo se puede configurar un sistema de SU-MIMO (MIMO de Único Usuario) potenciado en términos de eficiencia de transmisión. Además, las realizaciones emplean un control de precodificación de sub-secciones que comprende aplicar las matrices de precodificación V_1 y V_2 a sub-secciones separadas para las ondas polarizadas respectivas y aplicar la matriz de precodificación adicional P a una de las ondas polarizadas. Debido a que de ese modo se puede reducir
20 un tamaño dimensional de las matrices de precodificación, se puede reducir la cantidad de información de un libro de códigos para las matrices de precodificación y el número de candidatos para su selección. Por lo tanto, se puede lograr la atenuación del procesamiento impuesto sobre el control de precodificación, como una simplificación del procesamiento para seleccionar matrices de precodificación. Además, una cantidad apropiada de señalización se puede mantener minimizando la influencia sobre una tara de señalización, de tal modo que la señalización de realimentación para controlar la precodificación se puede reducir al mínimo.
25

Cuando las matrices de precodificación V_1 y V_2 se aplican a cada una de las ondas polarizadas durante la precodificación, la misma matriz también se puede usar como las matrices de precodificación V_1 y V_2 . En este caso, además de una ventaja de que la dimensión de la matriz de precodificación se reduce por la precodificación de sub-secciones descrita previamente, también se produce una ventaja de la capacidad de restringir adicionalmente la cantidad de información requerida para la realimentación mediante la adopción de valores de una única matriz.
30

(Sexta realización)

Las realizaciones anteriores también se pueden ampliar a un caso que usa un número más grande de antenas; por ejemplo, un caso que usa ocho antenas cada una de las cuales tiene una estructura de polarización cruzada. La figura 8 es un diagrama de bloques que muestra una sexta configuración a modo de ejemplo del sistema de comunicación inalámbrica usando la red de comunicación inalámbrica celular. La sexta realización es una configuración a modo de ejemplo teniendo en cuenta una transmisión de rango completo (rango 8: el número de flujos de transmisión es ocho) en un sistema de MIMO de polarización cruzada de 8 por 8. Un transmisor 850 tiene ocho antenas de transmisión 810a a 810h (Ant1 a 8) cada una de las cuales tiene una configuración de polarización cruzada. Un receptor 860 tiene ocho antenas de recepción 812a a 812d (Ant1 a 8) cada una de las cuales tiene una configuración de polarización cruzada. Un flujo de datos multiplexado espacialmente se transmite del transmisor 850 al receptor 860 mediante una comunicación de MIMO y por medio de un canal de MIMO.
35
40

El transmisor 850 tiene una sección de codificación de canal 802, una sección de mapeo de símbolos 804, una sección de multiplexación espacial 806, una sección de procesamiento de precodificación 808 y una sección de mapeo de antenas 809. La sección de procesamiento de precodificación 808 incluye una primera sección de precodificación 808a que aplica una matriz de precodificación V_1 a las ondas polarizadas, una segunda sección de precodificación 808b que aplica una matriz de precodificación V_2 a las ondas polarizadas, y una tercera sección de precodificación 808c que aplica una matriz de precodificación P a las ondas polarizadas.
45

En el transmisor 850, la sección de codificación de canal 802 codifica una secuencia de bits de entrada, y la sección de mapeo de símbolos 804 modula posteriormente la secuencia de bits codificada de este modo, para producir de este modo un símbolo modulado. La sección de multiplexación espacial 806 somete el símbolo modulado a un procesamiento de multiplexación espacial, produciendo de ese modo una pluralidad de (ocho en el caso de una transmisión de rango completo) flujos espaciales X_1 a X_8 . Posteriormente, la sección de procesamiento de precodificación 808 somete a un procesamiento de precodificación cada uno de dos grupos de flujos espaciales en los que se han dividido la pluralidad de flujos espaciales. A continuación, la primera sección de precodificación 808a aplica la matriz de precodificación V_1 a los flujos espaciales X_1 , X_2 , X_3 , y X_4 , precodificando de ese modo los flujos. La segunda sección de precodificación 808b aplica la matriz de precodificación V_2 a los flujos espaciales X_5 , X_6 , X_7 , y X_8 . La tercera sección de precodificación 808c aplica posteriormente la matriz de precodificación adicional P a los flujos espaciales, precodificando de ese modo los flujos espaciales. Los flujos espaciales precodificados S_1 a S_8 se producen de este modo. La sección de mapeo de antenas 809 mapea los flujos espaciales precodificados S_1 a S_8 con la pluralidad de antenas de transmisión y transmite los flujos espaciales a partir de las antenas de transmisión
50
55
60

verticalmente polarizadas 810a a 810d y las antenas de transmisión horizontalmente polarizadas 810e a 810h que difieren entre sí en términos de una onda polarizada. En este caso, los flujos espaciales S_5 a S_8 (X_5 a X_8) transmitidos a partir de las antenas de transmisión horizontalmente polarizadas se someten a una precodificación usando la matriz de precodificación adicional P, logrando de ese modo una ortogonalidad entre las ondas polarizadas.

Los flujos espaciales transmitidos a partir del transmisor 850 pasan a través del canal de MIMO correspondiente y son recibidos por las antenas de recepción 812a a 812h en el receptor 860. El receptor 860 tiene una sección de estimación de canal y de selección de precodificación 814, una sección de detección de MIMO 816, una sección de desmultiplexación 818, una sección de desmapeo 820 y una sección de descodificación 822.

En el receptor 860, la sección de estimación de canal y de selección de precodificación 814 estima una trayectoria de propagación mediante el uso de una señal de referencia, estimando de ese modo una matriz de respuesta de canal del canal de MIMO. Tal como se representa mediante las expresiones (5) a (9), la sección de estimación de canal y de selección de precodificación 814 descompone la matriz de respuesta de canal estimada y selecciona las matrices de precodificación V_1 , V_2 y P de acuerdo con el procedimiento de precodificación de la presente realización. En relación con el libro de códigos usado en la realimentación de las matrices de precodificación V_1 , V_2 y P, la matriz se puede seleccionar como el libro de códigos C representado mediante la expresión (12).

[Expresión matemática 12]

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{\sqrt{4}} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \exp(j2\pi k/L) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \exp(j4\pi k/L) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \exp(j6\pi k/L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & j & -1 & -j \\ 1 & -1 & 1 & -j \\ 1 & -j & -1 & j \end{bmatrix}, k=0, \dots, L-1 \quad (12)$$

Las matrices de precodificación V_1 , V_2 y P que mantienen la ortogonalidad entre las ondas polarizadas se seleccionan mediante el uso del libro de códigos. Una información de precodificación PMI se emite como índices de las matrices de precodificación seleccionadas por la sección de estimación de canal y de selección de precodificación 814, y la información emitida de este modo se realimenta al transmisor 850.

La sección de detección de MIMO 816 somete las señales de datos recibidas r_1 a r_8 a un procesamiento de separación de MIMO mediante el uso de la matriz de canal, detectando y separando de ese modo el flujo de datos a partir del transmisor. Los flujos separados X^{\wedge}_1 a X^{\wedge}_8 se adquieren de este modo. Posteriormente, cada uno de los flujos separados y detectados por la sección de desmultiplexación 818 se reorganiza para dar una secuencia de símbolos, y la sección de desmapeo 820 somete las secuencias de símbolos reorganizadas de este modo a un procesamiento de desmodulación de una forma por símbolo. La sección de descodificación 822 somete posteriormente las secuencias desmoduladas a un procesamiento de descodificación de corrección de errores, reproduciendo de ese modo la secuencia de datos emitida a partir del transmisor 850 y emitiendo la secuencia de datos como una secuencia de bits de salida.

Incluso cuando se usan ocho antenas de transmisión como en la presente realización, las matrices de precodificación V_1 y V_2 se aplican a los sub-bloques separados para cada una de las ondas polarizadas, con lo que se reduce una dimensión de las matrices de precodificación. De ese modo, se puede atenuar el procesamiento impuesto sobre la operación de control de precodificación, y se puede reducir la cantidad de información que se va a realimentar. Además, aplicar la precodificación de la presente realización a una configuración que implica una pluralidad de antenas de transmisión hace posible aumentar una ganancia de formación de haz para cada onda polarizada, de tal modo que se puede potenciar el rendimiento de precodificación.

La sexta realización muestra una realización teniendo en cuenta una transmisión de rango completo realizada en el sistema de MIMO de polarización cruzada de 8 por 8. La aplicación del caso que usa ocho antenas de transmisión para la transmisión de los rangos respectivos se puede implementar mediante una ampliación simple de los casos que usan cuatro antenas de transmisión descritas en conexión con la segunda a la quinta realizaciones mostradas en las figuras 4 a 7.

Tal como se ha mencionado anteriormente, en la presente realización, una matriz de precodificación de la matriz de proyección se aplican a una de las ondas polarizadas diferentes en el sistema de MIMO de polarización cruzada, haciendo de ese modo posible mantener la ortogonalidad de la matriz de respuesta de canal entre las ondas polarizadas diferentes y amortiguar la interferencia entre las ondas polarizadas. De ese modo se puede impartir robustez al rendimiento del sistema de MIMO al que se aplica la precodificación. Además, la matriz de precodificación de la matriz de proyección, que es fácil de sumar, se aplica únicamente a una de las ondas polarizadas mediante el uso de una precodificación de sub-secciones, con lo que se puede minimizar la influencia sobre la tara de señalización para realimentar una información de control.

5 El número de antenas que constituyen el sistema de MIMO de polarización cruzada, el número de flujos que se van a transmitir, y similares, no se limitan a las configuraciones descritas en conexión con las realizaciones. Dos o más antenas y flujos de transmisión se pueden establecer según sea apropiado y aplicarse a la presente invención de la misma forma que se ha mencionado anteriormente. Las realizaciones han proporcionado los ejemplos en los que la presente invención se aplica al enlace descendente de la red de comunicación inalámbrica celular. No obstante, de forma similar la presente invención también es de aplicación a otra línea de comunicación inalámbrica, como un enlace ascendente de la red de comunicación inalámbrica celular.

10 La presente invención se ha descrito como aplicada a las antenas en las realizaciones anteriores pero también se puede aplicar a un puerto de antena de la misma forma. El puerto de antena en el presente documento se refiere a una antena lógica constituida por una antena física o una pluralidad de antenas físicas. En concreto, el puerto de antena no se limita necesariamente a una antena física sino que a menudo se refiere a un sistema de antenas, o similares, constituida por una pluralidad de antenas. Por ejemplo, en relación con LTE, el puerto de antena no se especifica en conexión con el número de antenas físicas que constituyen el puerto de antena sino que se especifica en conexión con una unidad mínima que hace posible que una estación de base transmita una señal de referencia. Además, el puerto de antena se especifica a veces como una unidad mínima que multiplica un vector de precodificación por un peso.

Aunque las realizaciones respectivas se han descrito tomando, como un ejemplo, un caso en el que la presente invención está constituida por hardware. La presente invención también se puede implementar mediante software.

20 Las secciones de función respectivas usadas en las descripciones de las realizaciones respectivas se implementan habitualmente como unas LSI que son circuitos integrados. Las secciones de función también se pueden materializar de forma individual como un único chip. Como alternativa, las secciones de función también se pueden implementar como un chip con el fin de incluir algunas o todas las secciones de función. Aunque las secciones de función se implementan como una LSI, estas se denominan en ocasiones CI, LSI de sistema, súper LSI y ultra LSI, de acuerdo con el grado de integración.

25 La técnica para encapsular las secciones de función en forma de circuito integrado no se limita a la LSI, estas también se pueden implementar como un circuito según diseño del cliente o un procesador de propósito general. Además, también se puede utilizar una FPGA (Disposición de Puertas Programable en Campo) que se puede programar después de la fabricación de una LSI o un procesador reconfigurable que posibilita la reconfiguración de conexiones o ajustes de células de circuito en una LSI.

30 Además, si surgiera una técnica para implementar un circuito integrado que se pueda usar como un sustituto de una LSI en virtud de un progreso en las técnicas de semiconductores u otra técnica obtenida a partir de las técnicas de semiconductores, las secciones de función se pueden encapsular naturalmente mediante el uso de la técnica. Es factible la aplicación de biotecnología al encapsulado las secciones de función.

La presente solicitud se basa en la solicitud de patente de Japón n.º 2009-001352 presentada el 7 de enero de 2009.

35 **Aplicabilidad industrial**

Incluso cuando una XPD ideal no es lograda por el sistema de MIMO que usa la estructura de antena de polarización cruzada, la presente invención hace posible amortiguar la interferencia entre ondas polarizadas diferentes, produciendo de ese modo una ventaja de la capacidad de realizar una precodificación eficaz. La presente invención es útil como un aparato de comunicación inalámbrica, un sistema de comunicación inalámbrica y un procedimiento de comunicación inalámbrica, tal como un sistema inalámbrico celular usando un sistema de MIMO que realiza una comunicación mediante el uso de una pluralidad de antenas.

Lista de signos de referencia

150, 250, 450, 550, 650, 750, 850: TRANSMISOR
 160, 260, 460, 560, 660, 760, 860: RECEPTOR
 45 102, 202, 402, 502, 602, 702, 802: SECCIÓN DE CODIFICACIÓN DE CANAL
 104, 204, 404, 504, 604, 704, 804: SECCIÓN DE MAPEO DE SÍMBOLOS
 106: SECCIÓN DE MULTIPLEXACIÓN ESPACIAL Y DE DIVERSIDAD DE TRANSMISIÓN
 206, 506, 606, 706, 806: SECCIÓN DE MULTIPLEXACIÓN ESPACIAL
 406: SECCIÓN DE DIVERSIDAD DE TRANSMISIÓN
 50 108, 208a-c, 408a-c, 508a-c, 608a-c, 708a-c, 808a-c: SECCIÓN DE PRECODIFICACIÓN
 208, 408, 508, 608, 708, 808: SECCIÓN DE PROCESAMIENTO DE PRECODIFICACIÓN
 109, 209, 409, 509, 609, 709, 809: SECCIÓN DE MAPEO DE ANTENAS
 110a-d, 210a-d, 410a-d, 510a-d, 610a-d, 710a-d, 810a-h: ANTENA DE TRANSMISIÓN
 112a-d, 212a-d, 412a-d, 512a-d, 612a-d, 712a-d, 812a-h: ANTENA DE RECEPCIÓN
 55 114, 214, 414, 514, 614, 714, 814: SECCIÓN DE ESTIMACIÓN DE CANAL Y DE SELECCIÓN DE PRECODIFICACIÓN
 116, 216, 416, 516, 616, 716, 816: SECCIÓN DE DETECCIÓN DE MIMO
 118, 218, 418, 518, 618, 718, 818: SECCIÓN DE DESMULTIPLEXACIÓN

ES 2 691 037 T3

120, 220, 420, 520, 620, 720, 820: SECCIÓN DE DESMAPEO
122, 222, 422, 522, 622, 722, 822: SECCIÓN DE DESCODIFICACIÓN

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de comunicación inalámbrica que tiene una estructura de antena de polarización cruzada y que se usa en un sistema de comunicación inalámbrica capaz de realizar una comunicación de multiplexación mediante MIMO (Múltiples Entradas Múltiples Salidas), comprendiendo el aparato de comunicación inalámbrica:

5 un primer conjunto de antenas (210a, 210b) y un segundo conjunto de antenas (210c, 210d), en el que el primer conjunto de antenas presentan polarización cruzada con respecto al segundo conjunto de antenas; una sección de multiplexación espacial (206) que está configurada para generar, como datos que se van a transmitir a un aparato de comunicación (260) en el otro extremo, una pluralidad de flujos (X_1, \dots, X_i) que se van a multiplexar espacialmente entre antenas del primer y el segundo conjunto de antenas; y una sección de procesamiento de precodificación (208) que está configurada, de acuerdo con una información de control realimentada a partir del aparato de comunicación (260) en el otro extremo, para aplicar una precodificación a la pluralidad de flujos generados por la sección de multiplexación espacial;

caracterizado porque

15 la sección de precodificación (208) está configurada para aplicar una primera matriz de precodificación a todos los flujos espaciales, en el que una mitad de los flujos precodificados (Z_1, Z_2, S_1, S_2) se van a transmitir a partir del primer conjunto de antenas (210a, 210b); y para aplicar adicionalmente una segunda matriz de precodificación solo a los flujos precodificados restantes (Z_3, Z_4) que se van a transmitir a partir del segundo conjunto de antenas (210c, 210d) y a los que se ha aplicado la primera matriz de precodificación; y una sección de mapeo de antenas (209) que está configurada para transmitir los flujos precodificados (S_1, S_2) sobre los que se aplica solo la primera matriz de precodificación a partir del primer conjunto de antenas, y para transmitir los flujos precodificados (S_3, S_4) sobre los que se aplican la primera matriz de precodificación y la segunda matriz de precodificación a partir del segundo conjunto de antenas.

2. El aparato de comunicación de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la segunda matriz de precodificación se selecciona de una forma tal que la ortogonalidad entre las ondas polarizadas transmitidas a partir del primer conjunto de antenas (210a, 210b) y las ondas polarizadas transmitidas a partir del segundo conjunto de antenas (210c, 210d) se vuelve la más grande.

3. El aparato de comunicación de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el primer conjunto de antenas (210a, 210b) está adaptado para transmitir una onda verticalmente polarizada, y el segundo conjunto de antenas (210c, 210d) está adaptado para transmitir una onda horizontalmente polarizada.

4. El aparato de comunicación de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la segunda matriz de precodificación se selecciona con el fin de minimizar la interferencia entre la onda verticalmente polarizada y la onda horizontalmente polarizada.

5. El aparato de comunicación inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 1, en el que se proporcionan dos antenas de transmisión para el primer conjunto de antenas (210a, 210b), y se proporcionan dos antenas de transmisión para el segundo conjunto de antenas (210c, 210d).

6. Un aparato de comunicación inalámbrica que tiene una estructura de antena de polarización cruzada y que se usa en un sistema de comunicación inalámbrica capaz de realizar una comunicación de multiplexación mediante MIMO, comprendiendo el aparato de comunicación inalámbrica (260):

40 una sección de estimación de canal (214) que está configurada para realizar una estimación de canal de una trayectoria de propagación a partir de un primer (210a, 210b) y un segundo (210c, 210d) conjunto de antenas de un aparato de comunicación (250) en el otro extremo hasta un primer (212a, 212b) y un segundo (212c, 212d) conjunto de antenas de recepción del aparato de comunicación inalámbrica (260), en el que los primeros conjuntos de antenas presentan polarización cruzada con respecto a los segundos conjuntos de antenas, respectivamente, y en el que se adquieren matrices de respuesta de canal para ondas polarizadas respectivas;

45 una sección de selección de precodificación (214); una sección de notificación de información de control (214);

una sección de recepción que está configurada para recibir datos transmitidos a partir del aparato de comunicación (250) en el otro extremo mediante el primer y el segundo conjunto de antenas de recepción (212a...212d);

50 una sección de separación (216) que está configurada para separar los datos recibidos y detectar una pluralidad de flujos a partir de los datos recibidos; y

una sección de decodificación (218, 220, 222) que está configurada para decodificar datos de recepción a partir de la pluralidad de flujos detectados;

caracterizado porque

55 la sección de selección de precodificación (214) está configurada, de acuerdo con un resultado de las estimaciones de canal, para determinar una primera matriz de precodificación que se va a aplicar a todos los flujos que se van a transmitir a partir del aparato de comunicación (250) en el otro extremo, en el que una mitad de los flujos precodificados se van a transmitir a partir del primer conjunto de antenas (210a, 210b), y para determinar una segunda matriz de precodificación que se va a aplicar solo a los flujos precodificados restantes

- que se van a transmitir a partir del segundo conjunto de antenas (210c, 210d) del aparato de comunicación (250) en el otro extremo y a los que se ha aplicado la primera matriz de precodificación, y la sección de notificación de información de control (214) está configurada para realimentar una información de control que incluye una información de precodificación que representa la primera y la segunda matrices de precodificación determinadas al aparato de comunicación (250) en el otro extremo.
7. El aparato de comunicación de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la segunda matriz de precodificación se selecciona de una forma tal que la ortogonalidad entre las ondas polarizadas transmitidas a partir del primer conjunto de antenas (210a, 210b) del aparato de comunicación en el otro extremo y las ondas polarizadas transmitidas a partir del segundo conjunto de antenas (210c, 210d) del aparato de comunicación (250) en el otro extremo se vuelve la más grande.
8. El aparato de comunicación de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, en el que el primer conjunto de antenas (210a, 210b) del aparato de comunicación (250) en el otro extremo está adaptado para transmitir una onda verticalmente polarizada, y el segundo conjunto de antenas (210c, 210d) del aparato de comunicación (250) en el otro extremo está adaptado para transmitir una onda horizontalmente polarizada, y la sección de selección de precodificación (214) está configurada para seleccionar la segunda matriz de precodificación con el fin de minimizar la interferencia entre la onda verticalmente polarizada y la onda horizontalmente polarizada.
9. Un procedimiento de comunicación inalámbrica para su uso con un sistema de comunicación inalámbrica que puede realizar una comunicación de multiplexación mediante MIMO y a través del uso de un aparato de comunicación inalámbrica que tiene un primer conjunto de antenas (210a, 210b) y un segundo conjunto de antenas (210c, 210d), en el que el primer conjunto de antenas presentan polarización cruzada con respecto al segundo conjunto de antenas, comprendiendo el procedimiento de comunicación inalámbrica las etapas de:
- generar, como datos que se van a transmitir a un aparato de comunicación (260) en el otro extremo, una pluralidad de flujos (X_1, \dots, X_i) que se van a multiplexar espacialmente entre antenas del primer y el segundo conjunto de antenas; **caracterizado por** aplicar, de acuerdo con una información de control realimentada a partir de un aparato de comunicación (260) en el otro extremo, una primera matriz de precodificación a todos los flujos espaciales, en el que una mitad de los flujos precodificados (Z_1, Z_2, S_1, S_2) se van a transmitir a partir del primer conjunto de antenas (210a, 210b), y aplicar adicionalmente una segunda matriz de precodificación solo a los flujos precodificados restantes (Z_3, Z_4) que se van a transmitir a partir del segundo conjunto de antenas (210c, 210d) y a los que se ha aplicado la primera matriz de precodificación; y transmitir los flujos precodificados (S_1, S_2) sobre los que se aplica solo la primera matriz de precodificación a partir del primer conjunto de antenas (210a, 210b), y transmitir los flujos precodificados (S_3, S_4) sobre los que se aplican la primera matriz de precodificación y la segunda matriz de precodificación a partir del segundo conjunto de antenas (210c, 210d).
10. El procedimiento de comunicación inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 9, en el que la segunda matriz de precodificación se selecciona de una forma tal que la ortogonalidad entre las ondas polarizadas transmitidas a partir del primer conjunto de antenas (210a, 210b) y las ondas polarizadas transmitidas a partir del segundo conjunto de antenas (210c, 210d) se vuelve la más grande.
11. El procedimiento de comunicación inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 9 o 10, en el que el primer conjunto de antenas (210a, 210b) transmite una onda verticalmente polarizada, y el segundo conjunto de antenas (210c, 210d) transmite una onda horizontalmente polarizada.
12. El procedimiento de comunicación inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 11, en el que la segunda matriz de precodificación se selecciona con el fin de minimizar la interferencia entre la onda verticalmente polarizada y la onda horizontalmente polarizada.
13. Un procedimiento de comunicación inalámbrica para su uso con un sistema de comunicación inalámbrica que puede realizar una comunicación de multiplexación mediante MIMO y a través del uso de un aparato de comunicación inalámbrica que tiene una estructura de antena de polarización cruzada, comprendiendo el procedimiento de comunicación inalámbrica las etapas de:
- realizar una estimación de canal de una trayectoria de propagación a partir de un primer (210a, 210b) y un segundo (210c, 210d) conjunto de antenas de un aparato de comunicación (250) en el otro extremo hasta un primer (212a, 212b) y un segundo (212c, 212d) conjunto de antenas de recepción del aparato de comunicación inalámbrica (260), en el que los primeros conjuntos de antenas presentan polarización cruzada con respecto a los segundos conjuntos de antenas, respectivamente, y en el que se adquieren matrices de respuesta de canal para ondas polarizadas respectivas, recibir datos transmitidos a partir del aparato de comunicación (250) en el otro extremo mediante el primer y el segundo conjunto de antenas de recepción (212a, ... 212d); separar los datos recibidos y detectar una pluralidad de flujos a partir de los datos recibidos; y decodificar datos de recepción a partir de la pluralidad de flujos detectados;
- caracterizado por**

- 5 determinar, de acuerdo con un resultado de las estimaciones de canal, una primera matriz de precodificación que se va a aplicar a todos los flujos que se van a transmitir a partir del aparato de comunicación (250) en el otro extremo, en el que una mitad de los flujos precodificados se van a transmitir a partir del primer conjunto de antenas (210a, 210b), y determinar una segunda matriz de precodificación que se va a aplicar solo a los flujos precodificados restantes que se van a transmitir a partir del segundo conjunto de antenas (210c, 210d) del aparato de comunicación (250) en el otro extremo y a los que se ha aplicado la primera matriz de precodificación; y
- 10 realimentar una información de control que incluye una información de precodificación que representa la primera y la segunda matrices de precodificación determinadas al aparato de comunicación (250) en el otro extremo.
14. El procedimiento de comunicación inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 13, en el que la segunda matriz de precodificación se selecciona de una forma tal que la ortogonalidad entre las ondas polarizadas transmitidas a partir del primer conjunto de antenas (210, 210) del aparato de comunicación (250) en el otro extremo y las ondas polarizadas transmitidas a partir del segundo conjunto de antenas (210, 210) del aparato de comunicación (250) en el otro extremo se vuelve la más grande.
15. El procedimiento de comunicación inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 13 o 14, en el que el primer conjunto de antenas (210a, 210b) del aparato de comunicación (250) en el otro extremo transmite una onda verticalmente polarizada, y el segundo conjunto de antenas (210c, 210d) del aparato de comunicación (250) en el otro extremo transmite una onda horizontalmente polarizada, y
- 20 la segunda matriz de precodificación se selecciona con el fin de minimizar la interferencia entre la onda verticalmente polarizada y la onda horizontalmente polarizada.

FIG. 1

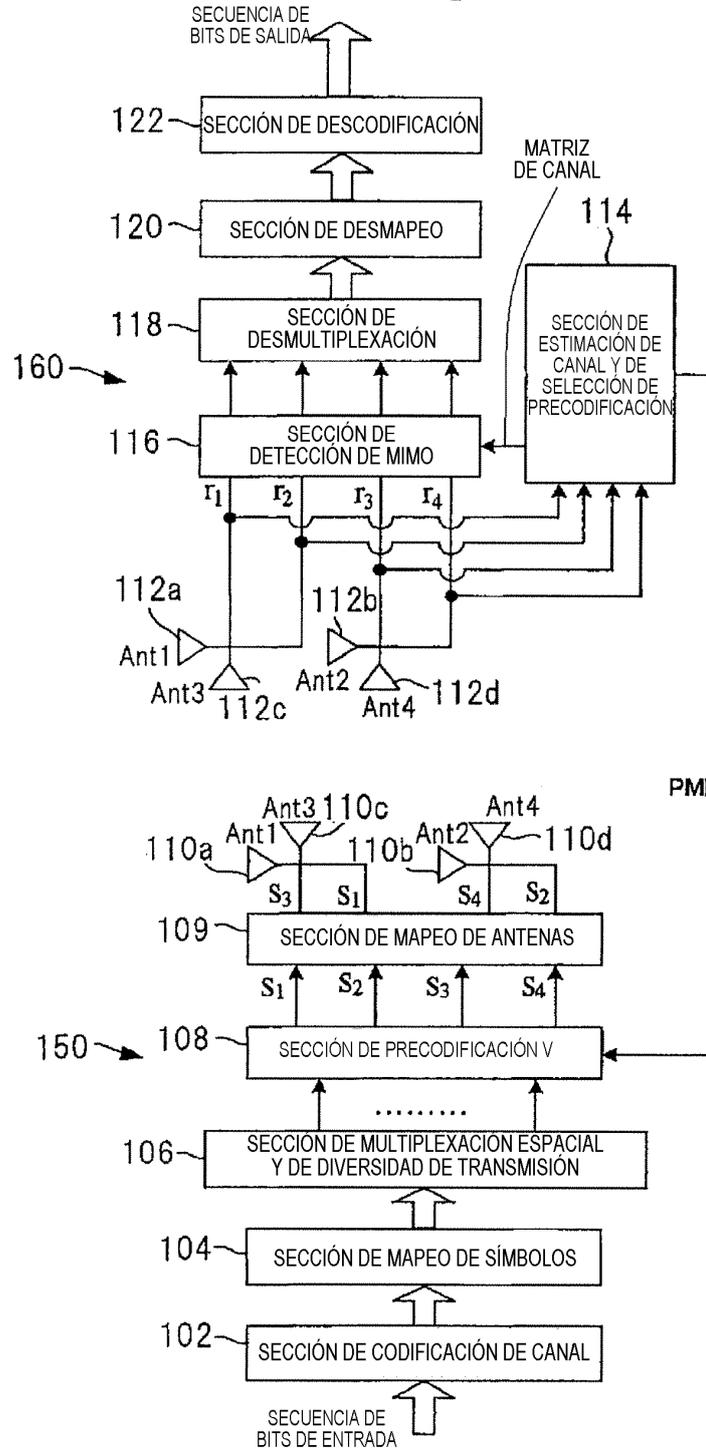


FIG. 2

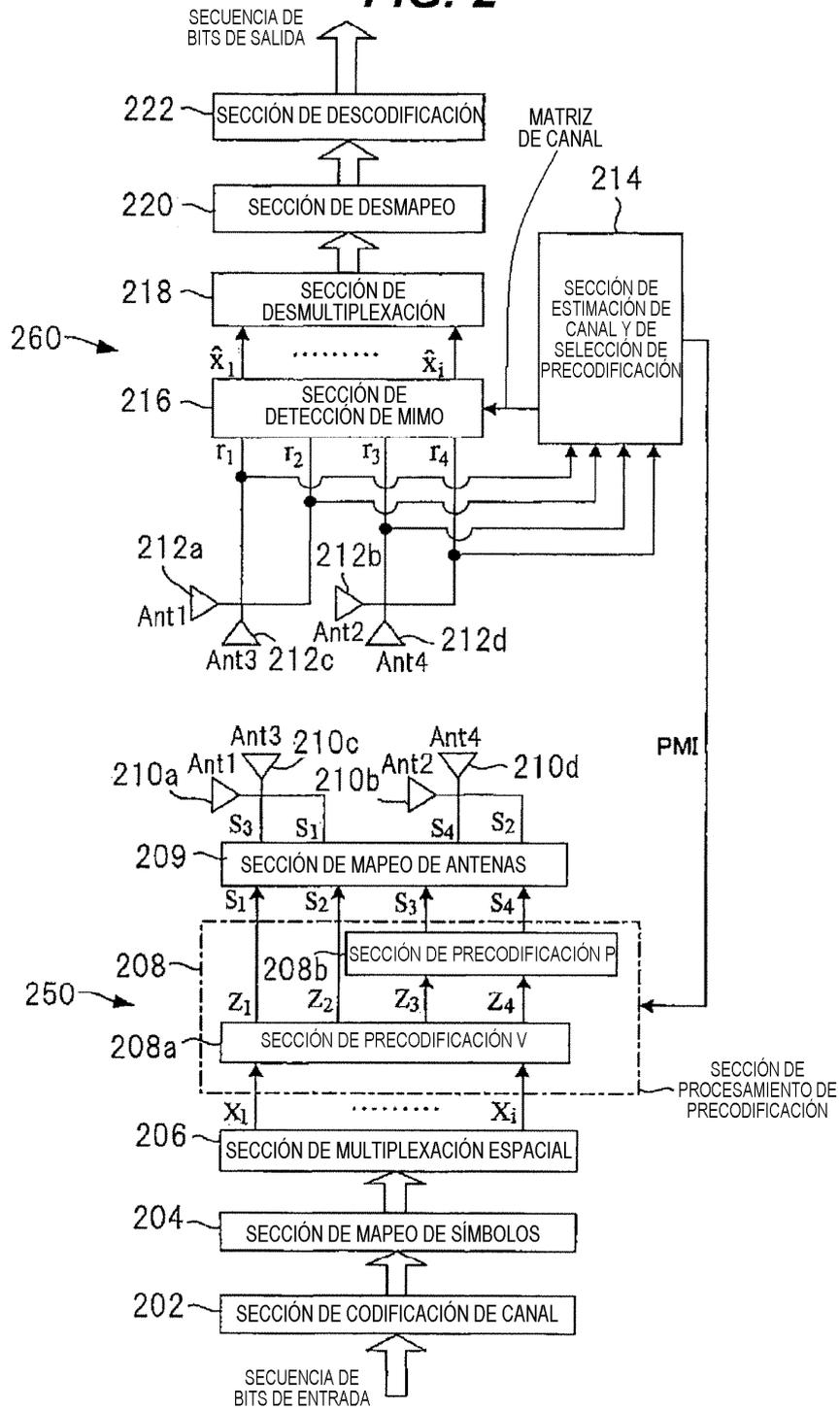


FIG. 3

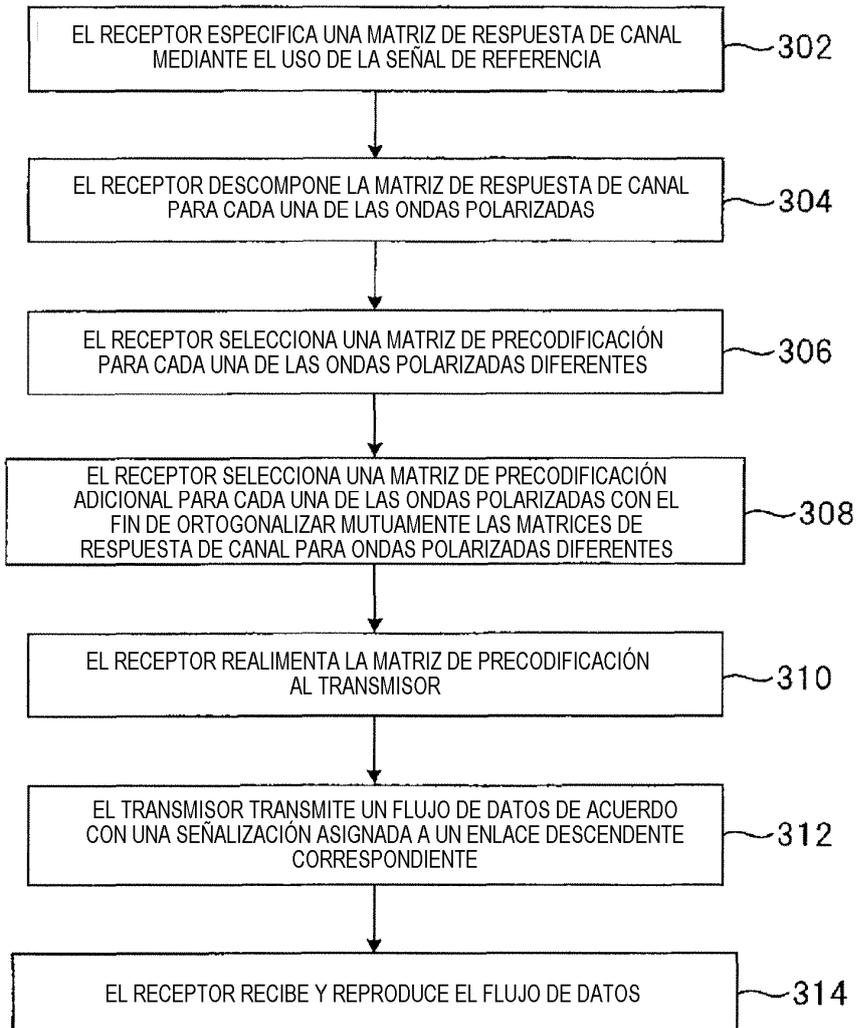


FIG. 4

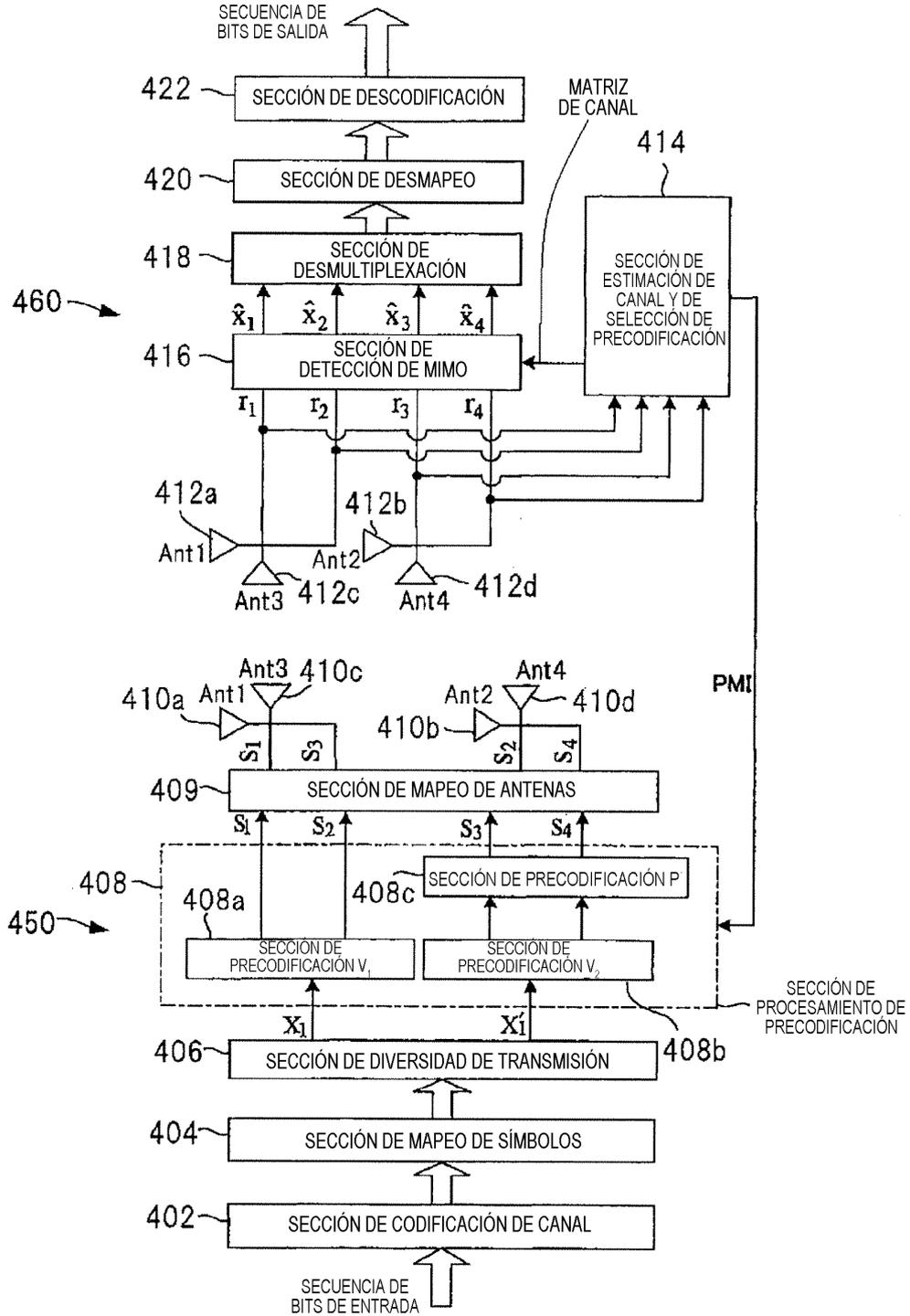


FIG. 5

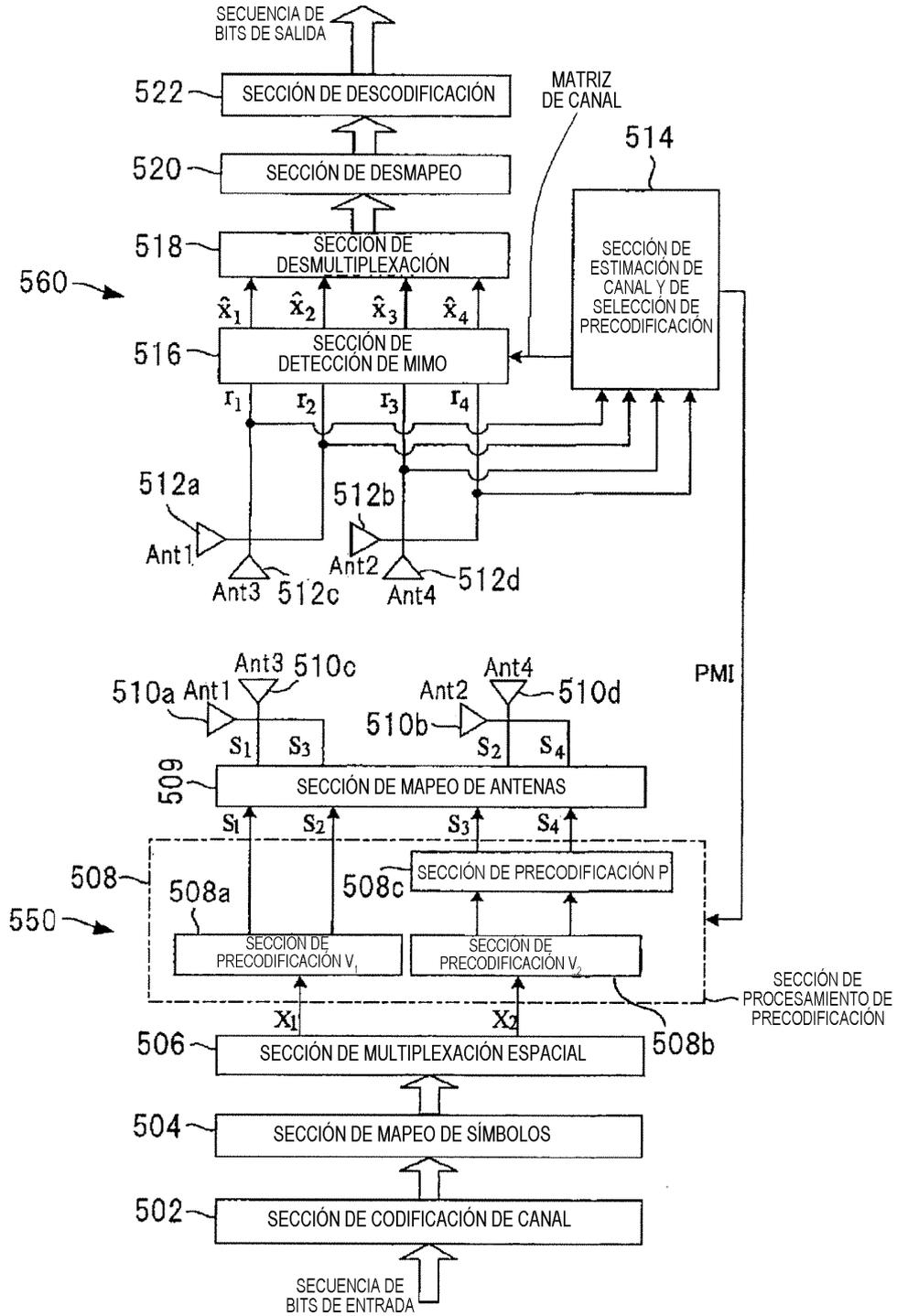


FIG. 6

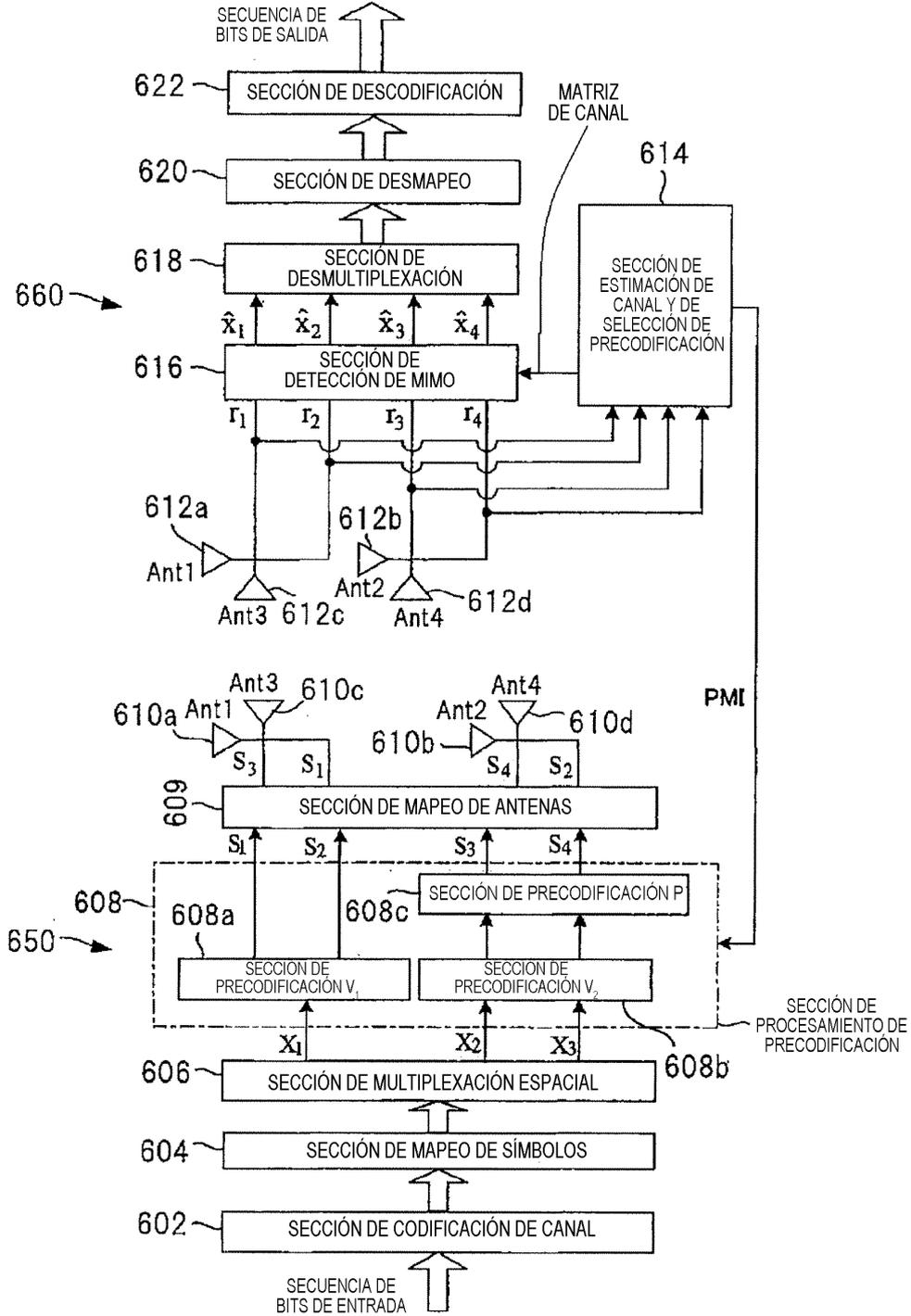


FIG. 7

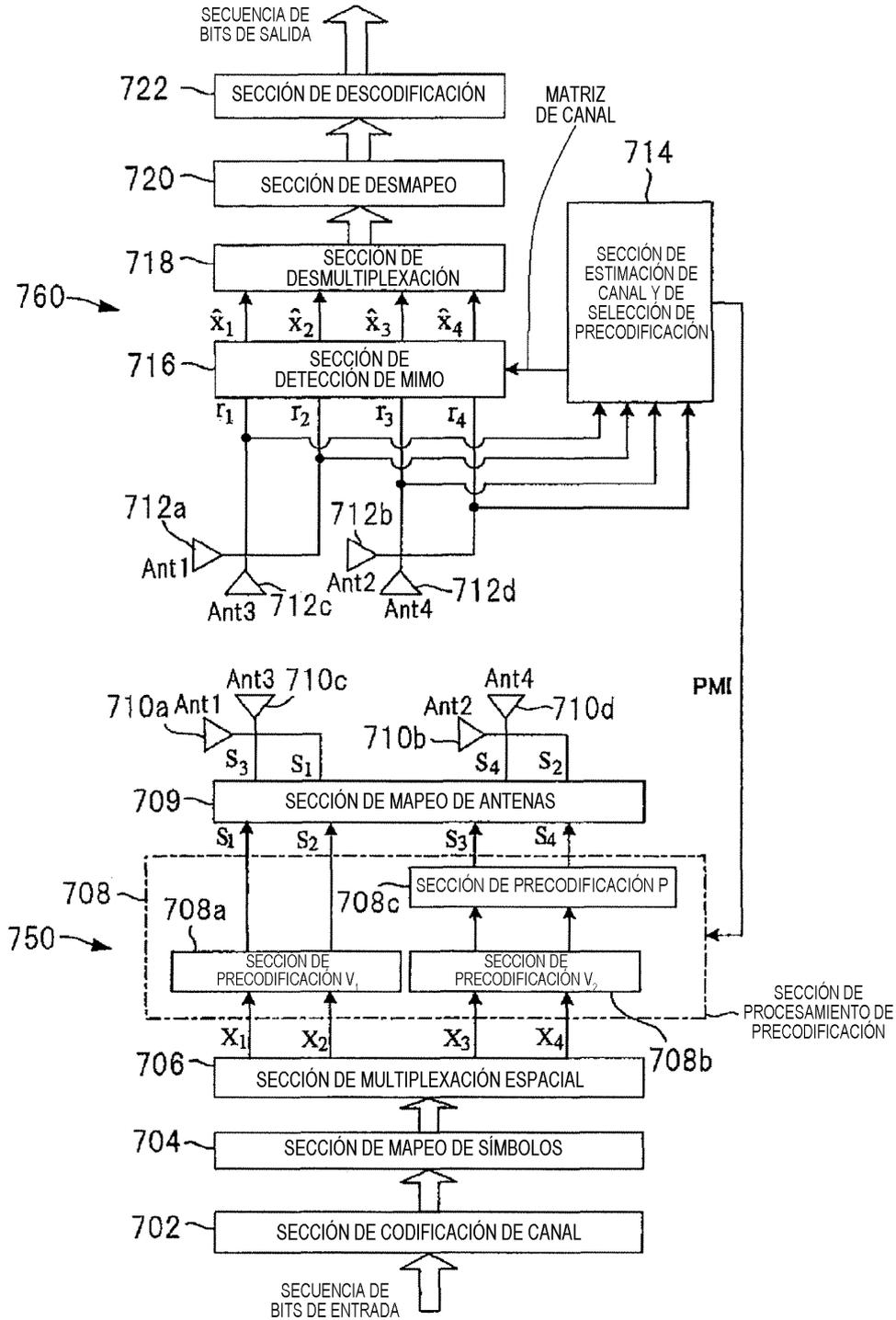


FIG. 8

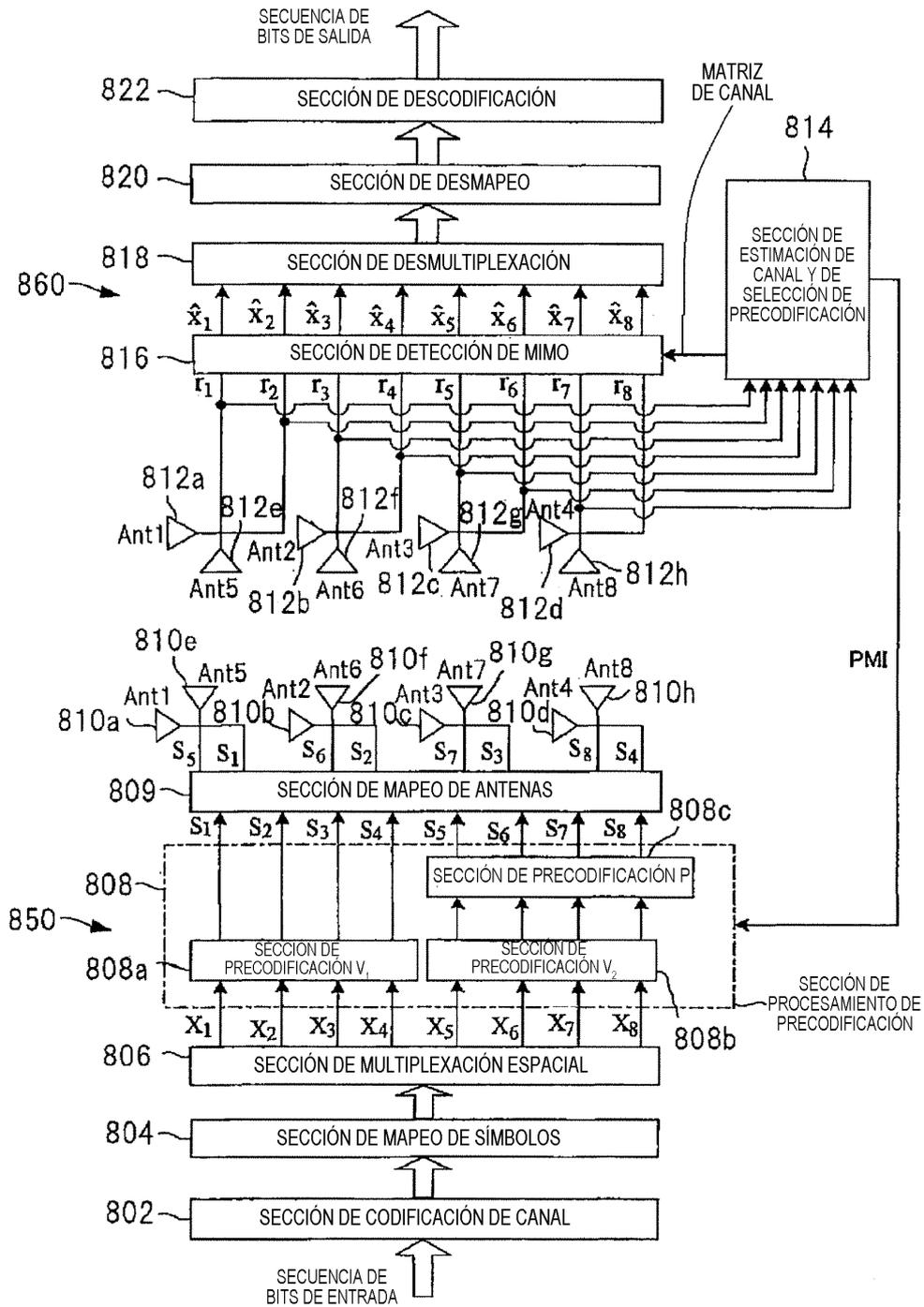


FIG. 9

Tabla 6.3.3.2-1: Mapeo de palabras de código a capas para la multiplexación espacial

Número de capas	Número de palabras de código	Mapeo de palabras de código a capas $i = 0, 1, \dots, M_{\text{simb}}^{\text{capa}} - 1$
1	1	$x^{(0)}(i) = d^{(0)}(i)$ $M_{\text{simb}}^{\text{capa}} = M_{\text{simb}}^{(0)}$
2	2	$x^{(0)}(i) = d^{(0)}(i)$ $x^{(1)}(i) = d^{(1)}(i)$ $M_{\text{simb}}^{\text{capa}} = M_{\text{simb}}^{(0)} = M^{(1)}$
2	1	$x^{(0)}(i) = d^{(0)}(2i)$ $x^{(1)}(i) = d^{(0)}(2i+1)$ $M_{\text{simb}}^{\text{capa}} = M_{\text{simb}}^{(0)} / 2$
3	2	$x^{(0)}(i) = d^{(0)}(i)$ $x^{(1)}(i) = d^{(1)}(2i)$ $x^{(2)}(i) = d^{(1)}(2i+1)$ $M_{\text{simb}}^{\text{capa}} = M_{\text{simb}}^{(0)} = M_{\text{simb}}^{(1)} / 2$
4	2	$x^{(0)}(i) = d^{(0)}(2i)$ $x^{(1)}(i) = d^{(0)}(2i+1)$ $x^{(2)}(i) = d^{(1)}(2i)$ $x^{(3)}(i) = d^{(1)}(2i+1)$ $M_{\text{simb}}^{\text{capa}} = M_{\text{simb}}^{(0)} / 2 = M_{\text{simb}}^{(1)} / 2$