

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 645 226**

51 Int. Cl.:

**H04L 25/03** (2006.01)

**H04B 7/06** (2006.01)

**H04B 7/08** (2006.01)

**H04B 7/10** (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.03.2008** **E 13153994 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.07.2017** **EP 2615785**

54 Título: **Método y disposición para adaptar una transmisión multiantena**

30 Prioridad:

**30.04.2007 SE 0701054**

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

**04.12.2017**

73 Titular/es:

**TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)  
(100.0%)  
164 83 Stockholm, SE**

72 Inventor/es:

**JÖNGREN, GEORGE**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

ES 2 645 226 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Método y disposición para adaptar una transmisión multiantena

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un método y a una disposición en un primer nodo y a un método y una disposición en un segundo nodo. En particular, se refiere a la adaptación de una transmisión multiantena desde el primer nodo al segundo nodo a través de un canal inalámbrico.

10

**Antecedentes**

El uso de múltiples antenas en un transmisor y/o un receptor de un nodo en un sistema de comunicación inalámbrico puede aumentar significativamente la capacidad y la cobertura del sistema de comunicación inalámbrica. Tales sistemas de múltiple entrada múltiple salida (MIMO) explotan la dimensión espacial del canal de comunicación para mejorar el rendimiento, por ejemplo transmitiendo varias señales paralelas portadoras de información, denominada multiplexación espacial. Al adaptar la transmisión a las condiciones del canal actual, se pueden lograr ganancias adicionales significativas. Una forma de adaptación es dinámicamente, a partir de un intervalo de tiempo de transmisión (TTI) a otro, ajustar el número de señales que portan información transmitida simultáneamente a lo que el canal puede soportar. Esto se conoce comúnmente como adaptación de rango de transmisión. La pre-codificación es otra forma relacionada de adaptación en la que las fases y amplitudes de las señales mencionadas anteriormente se ajustan para acomodarse mejor a las propiedades actuales del canal. La formación de haces clásica es un caso especial de pre-codificación en el que la fase de una señal portadora de información se ajusta en cada antena de transmisión de modo que todas las señales transmitidas se agregan constructivamente al receptor. El uso de la pre-codificación se puede ver en el documento WO 2006/049417. Las señales forman una señal con valor vectorial y el ajuste puede considerarse multiplicación por una matriz de pre-codificador. La matriz del pre-codificador se elige en función de la información sobre las propiedades del canal. Un enfoque común es seleccionar la matriz de pre-codificador a partir de un conjunto finito y contable, un llamado libro de códigos. Dicha pre-codificación basada en el libro de códigos es una parte integral del estándar de evolución a largo plazo (LTE) y será soportada en MIMO para acceso de paquetes de enlace descendente de alta velocidad (HSDPA) en acceso múltiple por división de código de banda ancha (WCDMA). El receptor (por ejemplo, equipo de usuario, UE) evaluaría típicamente todas las diferentes matrices de pre-codificador en el libro de códigos y señalaría al transmisor (por ejemplo, nodo B) qué elemento se prefiere. El transmisor usaría la información señalada al decidir qué matriz de pre-codificador aplicar. Como los índices del libro de códigos necesitan señalizarse y el receptor necesita seleccionar un elemento de libro de códigos adecuado, es importante mantener el tamaño del libro de códigos lo más pequeño posible. Por otro lado, los libros de códigos más grandes aseguran que es posible encontrar una entrada que coincida más estrechamente con las condiciones actuales del canal.

15

20

25

30

35

40

La pre-codificación basada en libro de códigos se puede ver como una forma de cuantificación de canal. Alternativamente, se pueden usar métodos que calculan la matriz del pre-codificador sin recurrir a la cuantificación.

El objetivo fundamental del diseño del libro de códigos del pre-codificador es mantener el tamaño del libro de códigos pequeño mientras se logra el mayor rendimiento posible. El diseño de los elementos en el libro de códigos se vuelve crucial para lograr el rendimiento deseado.

45

Las diferentes configuraciones de antenaje influyen en cómo deben diseñarse los elementos del libro de códigos. Muchas soluciones existentes están diseñadas con desvanecimiento de canal espacialmente no correlacionado en mente y donde cada coeficiente de canal se desvanece con la misma potencia promedio. Sin embargo, dicho modelo de canal no es lo suficientemente preciso cuando se utilizan antenajes con polarización cruzada. En consecuencia, los diseños existentes son inadecuados para dicha configuración -una configuración de antena que se considera importante en la práctica-.

50

Para comprender por qué los diseños existentes diseñados para coeficientes de canal con potencia igual no son eficientes para un trazado de antenaje con polarización cruzada, considérese simplificar un sistema MIMO de 2x2 en el que tanto el transmisor como el receptor utilizan ordenaciones con polarización cruzada y las dos polarizaciones ortogonales están alineadas en el lado de transmisión y recepción, por ejemplo un par de antenas polarizadas vertical y horizontalmente a ambos lados del enlace. La matriz de canal MIMO será diagonalmente pesada, lo que significa que los elementos en la diagonal en promedio tienen sustancialmente más potencia que los de fuera de la diagonal, ya que las polarizaciones verticales y horizontales están en promedio bastante bien separadas incluso después de experimentar el canal de radio y alcanzar el receptor. Para dicho canal, un libro de códigos apropiado de tamaño mínimo contiene los vectores de unidad y la matriz de identidad. Esto garantiza que, cuando se realiza una transmisión de una sola corriente (transmisión de rango uno), toda la potencia de transmisión puede asignarse a la antena con el canal fuerte y no se desperdicia potencia en la otra antena, que en promedio no podrá transportar una potencia significativa al receptor. La razón de esto último es debido al trazado de polarización cruzada junto con la selección de la transmisión de rango uno, lo que significa que la matriz del canal típicamente tendrá solo un elemento con una potencia sustancialmente mayor que cero y ese elemento se ubicará en la diagonal.

60

65

Por lo tanto, toda la potencia debe asignarse a la antena que corresponde al elemento diagonal distinto de cero mencionado anteriormente. Para un diseño de pre-codificador que se dirige a un escenario con coeficientes de canal potenciados iguales, sin embargo, este no suele ser el caso. Esto está garantizado por una estructura de pre-codificador o una estructura de libro de códigos de pre-codificador de diagonal. Para sistemas MIMO con más de dos antenas de transmisión (Tx), es adecuada una estructura de diagonal de bloques.

Como ya se mencionó, las ordenaciones de polarización cruzada con polarización vertical y horizontal en el transmisor tienden a dar como resultado tuberías de transmisión bien separadas, lo que es atractivo para la transmisión MIMO multicorriente. El uso común de ordenaciones con polarización cruzada de  $\pm 45$  grados no es desde esta perspectiva tan atractivo ya que las transmisiones de las dos polarizaciones diferentes se mezclan tanto en la polarización vertical como horizontal. Esto potencialmente aumenta la interferencia entre corrientes y, por lo tanto, perjudica el rendimiento de MIMO. Por lo tanto, una estructura de pre-codificador de diagonal de bloques no está optimizada para el caso de polarización cruzada  $\pm 45$ , que es un trazado muy común en las implementaciones existentes.

Otro problema con una estructura de diagonal de bloques es que conduce a problemas de desequilibrio de potencia entre los amplificadores de potencia (PA). Todos los PA no se ejecutan a plena potencia a menos que se utilice la agrupación de los PA de manera que se pueda compartir potencia entre los PA. Sin embargo, la agrupación de áreas protegidas puede ser complicada y costosa, y en ocasiones ni siquiera es posible.

En la práctica, el grado de separación entre la polarización horizontal y vertical puede variar y, por lo tanto, aumentar la interferencia entre las corrientes si el esquema MIMO se basa exclusivamente en la polarización para separar las corrientes. Esto también significa que un pre-codificador de diagonal de bloques puro puede no ser deseable. Una mezcla de elementos de diagonal de bloques y otros elementos puede de hecho ser apropiada. Esto generalmente conduce a un problema de desequilibrio de potencia en los amplificadores y, debido a la mezcla de elementos de diagonal de bloques y de diagonal sin bloques, las técnicas existentes para agrupar varios PA ya no son útiles.

## Sumario

El problema objetivo es proporcionar un mecanismo para mejorar el rendimiento de un canal inalámbrico cuando se usa pre-codificación.

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, el objetivo se consigue mediante un método en un primer nodo para adaptar una transmisión multiantena 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 inalámbrico. El método comprende las etapas de obtener al menos una corriente de símbolos, y determinar una matriz de pre-codificación que tiene una estructura de producto creada por una matriz de diagonal de bloques que se multiplica desde la izquierda con una matriz unitaria de diagonalización de bloques. El método comprende las etapas adicionales de pre-codificar la al menos una corriente de símbolos con la matriz de pre-codificación determinada, y transmitir la al menos una corriente de símbolos pre-codificada a través de un canal inalámbrico al segundo nodo.

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, el objetivo se consigue mediante un método en un segundo nodo para recibir una transmisión multiantena desde un primer 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 inalámbrico. El método comprende la etapa de recibir una transmisión correspondiente a al menos una corriente de símbolos a través de un canal inalámbrico transportado desde el primer nodo. La al menos una corriente de símbolos se pre-codifica con una matriz de pre-codificación que tiene una estructura de producto creada por una matriz de diagonal de bloques que se multiplica desde la izquierda con una matriz unitaria de diagonalización de bloques.

De acuerdo con un tercer aspecto de la presente invención, el objetivo se logra mediante una disposición en un primer nodo para adaptar una transmisión multiantena 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 inalámbrico. La primera disposición de nodo comprende una unidad de obtención configurada para obtener al menos una corriente de símbolos, y una unidad de determinación configurada para determinar una matriz de pre-codificación que tiene una estructura de producto creada por una matriz de diagonal de bloques que se multiplica desde la izquierda con una matriz unitaria de diagonalización de bloques. La primera disposición de nodo comprende además una unidad de pre-codificación configurada para pre-codificar al menos una corriente de símbolos con la matriz de pre-codificación determinada, y una unidad de transmisión configurada para transmitir al menos una corriente de símbolos pre-codificada a través de un canal inalámbrico al segundo nodo.

De acuerdo con un cuarto aspecto de la presente invención, el objetivo se logra mediante una disposición en un segundo nodo para recibir una transmisión multiantena desde un primer 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 inalámbrico. La segunda disposición de nodo comprende una unidad de recepción configurada para recibir una transmisión correspondiente a al menos una corriente de símbolos a través de un canal inalámbrico transportado desde el primer nodo. La al menos una corriente de símbolos se pre-codifica con una matriz de pre-codificación que tiene una estructura de producto creada por una matriz de diagonal de bloques que se multiplica desde la izquierda con una matriz unitaria de diagonalización de bloques.

Se usa una matriz de pre-codificación que tiene una estructura de producto. La matriz de pre-codificación que tiene una estructura de producto se crea mediante una matriz de diagonal de bloques que se multiplica con una matriz unitaria de diagonalización de bloques. El uso de esta matriz, que tiene una estructura de producto para pre-codificar una corriente de símbolos cuando se transmite a través de un enlace inalámbrico, ayuda a equilibrar los PA. Esto implica que se puede emitir más potencia al canal de propagación, lo que da como resultado un rendimiento mejorado del canal inalámbrico.

Se evidencia por el hecho de que un libro de códigos multiplicado por las matrices unitarias mencionadas produce un nuevo libro de códigos donde cada elemento en cada matriz / vector tiene la misma magnitud. De particular interés es el uso de una llamada matriz unitaria de diagonalización de bloques junto con las antenas polarizadas +45 comúnmente desplegadas, que simultáneamente logra el equilibrio de potencia y la rotación deseable a la transmisión polarizada en la dirección horizontal y vertical, incluso en el caso de una mezcla de elementos de pre-codificador de diagonal de bloques y algunos de diagonal sin bloques.

Una ventaja con la presente solución es que el uso de la matriz que tiene una estructura de producto mejora el rendimiento, por ejemplo permitiendo velocidades de datos más altas o mejor confiabilidad, particularmente cuando las polarizaciones no están perfectamente separadas (por ejemplo, discriminación polar cruzada moderada (XPD)) cuando se usan junto con ordenaciones polarizadas de  $\pm 45$  grados. El uso de los PA también se optimiza, lo que reduce el consumo de energía y la disipación de calor.

#### Breve descripción de los dibujos

La invención se describe con más detalle con referencia a los dibujos adjuntos que ilustran realizaciones a modo de ejemplo de la invención y en los que:

La figura 1 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra realizaciones de un sistema de comunicación inalámbrico.

La figura 2 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra realizaciones de un sistema de comunicación inalámbrico.

La figura 3 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra realizaciones de un primer nodo.

La figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra realizaciones de un método en un primer nodo.

La figura 5 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra realizaciones de una primera disposición de nodo.

La figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra realizaciones de un método en un segundo nodo.

La figura 7 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra realizaciones de una segunda disposición de nodo.

#### Descripción detallada

La invención se define como un método y una disposición en un primer y un segundo nodo respectivos, que se pueden poner en práctica en las realizaciones descritas a continuación.

La figura 1 representa un primer nodo 100 en un sistema de comunicación inalámbrico 110. El sistema de comunicación inalámbrico 110 puede ser un sistema celular y/o un sistema tal como por ejemplo evolución a largo plazo (LTE), acceso terrestre universal por radio - evolucionado (E-UTRA), interoperabilidad mundial para acceso por microondas (WiMAX), acceso terrestre universal por radio (UTRA), acceso múltiple por división de código de banda ancha (WCDMA), GSM, ultra banda ancha móvil (UMB) o cualquier otro sistema de comunicación inalámbrico que utilice tecnologías que realicen adaptaciones entre diferentes formas de transmisión y utilicen múltiples antenas.

El primer nodo 100 está dispuesto para comunicarse con un segundo nodo 120 en el sistema de comunicación inalámbrico 110 a través de un canal inalámbrico 130. Se puede usar un filtro MIMO lineal e invariante en el tiempo para modelar la relación entrada-salida del canal inalámbrico durante un período de transmisión suficientemente corto. Para transmisiones de banda suficientemente estrecha, se puede usar una única matriz para describir el filtro. Dicha descripción de matriz de canal también se mantiene para modelar el canal sobre una sub-portadora, (o varias sub-portadoras siempre que abarquen un ancho de banda pequeño comparado con el ancho de banda de coherencia del canal) en un sistema de multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) tal como por

ejemplo LTE. El primer nodo 100 puede ser cualquier tipo de estación base tal como por ejemplo un nodo B como en LTE. El segundo nodo 120 puede ser un equipo de usuario (UE) tal como por ejemplo un teléfono móvil, un asistente digital personal (PDA), una computadora portátil. También puede ser al revés, que el primer nodo 100 puede ser un UE tal como por ejemplo un teléfono móvil, un asistente digital personal (PDA) y el segundo nodo 120 pueden ser cualquier tipo de estación base tal como por ejemplo un nodo B. En el ejemplo de la figura 1, el primer nodo 100 es una estación base y el segundo nodo 120 es un equipo de usuario. Además, el primer nodo 100 y el segundo nodo 120 pueden constituir dispositivos inalámbricos arbitrarios en comunicación entre sí y sin ningún orden jerárquico particular.

5  
10 El primer nodo 100 usa un sistema de antena múltiple, es decir, usa múltiples antenas para su transmisión al segundo nodo 120. El segundo nodo 120 también puede usar un sistema de antena múltiple para la recepción de la transmisión del primer nodo. Por lo tanto, este es un sistema MIMO, donde las entradas al canal corresponden a las antenas de transmisión en el primer nodo 100 y las salidas a las antenas de recepción en el segundo nodo 120. También se puede considerar que el filtrado / procesamiento de transmisor y de receptor están incluidos en el canal.  
15 Obsérvese que tal trazado MIMO puede incluir el caso especial de una sola antena de recepción. La figura 2 ilustra algunas realizaciones en las que el primer nodo 100 y un segundo nodo 120 están usando cada uno un sistema de antena múltiple que comprende cuatro antenas. El primer nodo 100 obtiene una señal portadora de información 140 que está representada por una secuencia de bits de información, cuya información ha de transportarse al segundo nodo 120 a través del canal inalámbrico 130. La figura 2 ilustra esquemáticamente el primer nodo 100 como el nodo transmisor (Tx) y el segundo nodo 120 como el nodo receptor (Rx), el primer nodo 100 y el segundo nodo 120 pueden usar un sistema 150 de antena múltiple, lo que resulta en un enlace MIMO. En este ejemplo, el primer nodo 100 comprende cuatro antenas transmisoras 160 1, 2, 3 y 4, por ejemplo una estación base con cuatro antenas transmisoras, y el segundo nodo 120 comprende cuatro antenas receptoras 170 1, 2, 3 y 4, por ejemplo un equipo de usuario con cuatro antenas de recepción.

25 En el ejemplo de la figura 2, el primer nodo 100 comprende una unidad de codificación 162, una unidad de pre-codificación posterior 163 y cuatro unidades de transmisión por radio 164. La unidad de codificación 162 está dispuesta para recibir la señal portadora de información 140 que se ha de transmitir. La unidad de codificación 162 puede estar dispuesta para desmultiplexar los bits de información en una o varias secuencias de bits de información, codificar estas secuencias de bits de información utilizando algún código de canal (por ejemplo, código turbo, código de verificación de paridad de baja densidad (LDPC), código convolucional), modular los bits codificados para producir símbolos, asignar los símbolos a una secuencia de información que lleva vectores de símbolos y pre-codificar la información que lleva vectores de símbolos y finalmente reenviar el resultado a una posible unidad de pre-codificación posterior 163. La unidad de pre-codificación posterior 163 puede en el caso más sencillo simplemente reenviar la señal pre-codificada (es decir, la unidad de pre-codificación posterior 163 es transparente y, por lo tanto, se consideraría que no existe) o podría procesarla de alguna manera, por ejemplo realizar filtrado digital en banda base, antes de emitir señales posiblemente procesadas para su transmisión utilizando las unidades de radio transmisión 164, usando las respectivas antenas de transmisión 160 1, 2, 3 y 4 para transmitir la señal pre-codificada al segundo nodo 120. Se aprecia que las funciones básicas del transmisor son bien conocidas por una persona experta y no se describen en detalle. El transmisor en este ejemplo puede soportar técnicas tales como acceso múltiple por división espacial (SDMA), pre-codificación SDMA, MIMO, pre-codificación MIMO y/o MIMO-SDMA.

45 En el ejemplo de la figura 2, el segundo nodo 120 comprende una unidad de pre-procesamiento 171, una unidad de demodulación de decodificación 172 y cuatro unidades de receptor de radio 174. El segundo nodo 120 está dispuesto para recibir la señal pre-codificada del primer nodo 100. La señal se recibe por medio de las antenas de recepción 170 1, 2, 3 y 4, la unidad de pre-procesamiento 171 y las unidades de receptor de radio 174. La unidad de pre-procesamiento 171 puede implementar diversas etapas de procesamiento, por ejemplo puede llevar a cabo el filtrado en la banda de base o simplemente reenviar las señales sin alterar la unidad de demodulación de decodificación 172. En el último caso, la unidad de pre-procesamiento 171 se puede considerar alternativamente como no presente (es decir, transparente correspondiente a ninguna unidad de pre-procesamiento). La unidad de demodulación de decodificación 172 puede estar dispuesta para recibir la señal codificada desde la unidad de pre-procesamiento 171. La unidad de demodulación de decodificación 172 puede estar dispuesta además para demodular la señal codificada a bits de datos. Se aprecia que las funciones básicas del receptor son bien conocidas por una persona experta y no se describen en detalle en este documento.

También debe apreciarse que tanto el receptor en el segundo nodo 120 como el transmisor en el primer nodo 100 pueden alterar el modo de operación que funciona como transmisor y recibir, respectivamente.

#### 60 Pre-codificación

Como ya se indicó, la unidad de codificación 162 en el primer nodo 100 puede subdividirse adicionalmente en dos partes, que corresponden a una unidad de codificación y modulación 300 y una unidad de pre-codificación 310, tal como por ejemplo un pre-codificador. Un ejemplo de una unidad de codificación y modulación 300 y una unidad de pre-codificación 310 se representa en la figura 3. La unidad 300 de codificación y modulación toma bits de información como entrada y produce una secuencia de vectores de símbolos portadores de información, es decir,

una señal portadora de información con valor vectorial como salida. Los vectores de símbolos portadores de información se pueden ver como una o varias corrientes de símbolos en paralelo donde cada elemento de cada vector  $s$  pertenece así a una cierta corriente de símbolos. Las diferentes corrientes de símbolos se conocen comúnmente como capas y en cualquier momento dado hay  $r$  capas diferentes de este tipo correspondientes a un rango de transmisión de  $r$ . De este modo, la señal a transmitir al segundo nodo 120 a través del canal inalámbrico 130 comprende al menos una corriente de símbolos (o capa). Los  $r$  símbolos en un vector particular  $s$  portador de información de  $r \times 1$  símbolos se multiplican subsiguientemente por una matriz  $\mathbf{W}_{N_T \times r}$  de pre-codificador de  $N_T \times r$ , donde  $N_T$  denota el número de entradas (por ejemplo, número de antenas de transmisión, número de puertos de antena, etc.) del canal MIMO. La operación de pre-codificación mencionada envía la salida resultante a la unidad de post-procesamiento 163. El primer nodo 100 determina una matriz de pre-codificación que tiene una cierta estructura de producto, que se describirá adicionalmente en la continuación. Esto se puede realizar eligiendo una matriz de pre-codificación que coincida con las características del canal, es decir, para que coincida con una matriz  $H$  de canal MIMO de  $N_R \times N_T$ . La matriz de pre-codificador  $\mathbf{W}_{N_T \times r}$  puede así depender del valor del canal  $H$ . Los  $r$  símbolos que llevan información en  $s$  son típicamente de valor complejo. El soporte de la adaptación de rangos permite que la cantidad de corrientes de símbolos transmitidas simultáneamente,  $r$ , se ajuste a las características del canal actual. Después de la pre-codificación, las señales se transportan a través del canal  $H$  y son recibidas por un antenaje con  $N_R$  elementos. El receptor posiblemente procesa las señales por medio de la unidad de pre-procesamiento 171. Recoger las señales en un vector  $y$  de  $N_A \times 1$  y considerar las señales en un ancho de banda suficientemente estrecho, en comparación con el ancho de banda de coherencia del canal, da el modelo

$$\mathbf{y} = \mathbf{H}\mathbf{W}_{N_T \times r}\mathbf{s} + \mathbf{e}$$

donde  $e$  se modela usualmente como un vector de ruido obtenido como realizaciones de algún proceso aleatorio y donde la salida del canal corresponde así a la salida de la unidad de pre-procesamiento 171 (esta última que puede ser transparente). Obviamente, este modelo también se aplica a los sistemas OFDM (por ejemplo LTE, WiMaX, etc.) donde normalmente se puede aplicar a modo de sub-portadora.

Matriz de canales. H

Haciendo referencia nuevamente a la figura 2, el primer nodo 100 comprende un sistema multiantena donde en algunas realizaciones al menos una antena emite ondas de radio en una dirección de polarización horizontal y al menos otra antena emite energía en la dirección de polarización ortogonal (es decir, vertical). Tal trazado de antena de polarización doble o cruzada puede contener así un grupo de antenas co-polarizadas y otro grupo de antenas co-polarizadas polarizadas ortogonalmente con respecto al anterior grupo. "Co-polarización" significa que las antenas están transmitiendo con la misma polarización. Bajo condiciones ideales de línea de vista, asumiendo las respuestas de antena ideales y un trazado similar de antena de doble polarización en el lado de recepción, el trazado de antena con polarización cruzada da como resultado una matriz de canal de diagonal de bloques, que se explicará con más detalle a continuación. En el ejemplo de la figura 2, las dos primeras antenas de transmisión 160, 1 y 2 están polarizadas horizontalmente y las dos restantes, 3 y 4, están polarizadas verticalmente. Las antenas de recepción en el segundo nodo 120 están dispuestas de manera similar. Las antenas co-polarizadas en la ordenación de transmisión pueden estar separadas lo suficiente como para que el desvanecimiento esté aproximadamente sin correlación entre los canales asociados con los elementos co-polarizados. Como se mencionó anteriormente, el canal puede modelarse usando una matriz de canales. Sin pérdida de generalidad, al reordenar apropiadamente los elementos de antena de transmisión y recepción, la resultante matriz  $H$  de canal de  $4 \times 4$ , tiende a tener la estructura de diagonal de bloques de acuerdo con:

$$H = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & 0 & 0 \\ h_{21} & h_{22} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & h_{33} & h_{34} \\ 0 & 0 & h_{43} & h_{44} \end{bmatrix}$$

Con una matriz de canal efectiva de este tipo, las señales transmitidas por las antenas 160 1 y 2 en el primer nodo 100 no alcanzan las antenas receptoras 170 3 y 4, y, correspondientemente, las señales de las antenas transmisoras 160 3 y 4 no llegan a las antenas receptoras 170 1 y 2. Como se representa en la figura 2, para las dos primeras antenas de transmisión 160, 1 y 2 polarizadas horizontalmente, el coeficiente de canal de valor complejo  $h_{11}$  representa el canal efectivo que implica el canal físico entre la antena de transmisión 160 1 y la antena de recepción 170 1, el coeficiente de canal de valor complejo  $h_{12}$  representa el canal efectivo que implica el canal físico entre la antena de transmisión 160 2 y la antena de recepción 170 1, el coeficiente de canal de valor complejo  $h_{21}$  representa el canal efectivo que implica el canal físico entre la antena de transmisión 160 1 y la antena de recepción 170 2, el coeficiente de canal de valor complejo  $h_{22}$  representa el canal efectivo que implica el canal físico entre la antena de transmisión 160 2 y la antena de recepción 170 2.

Además, como se representa en la figura 2, para las dos antenas de transmisión 160, 3 y 4 restantes que están polarizadas verticalmente:

5 el coeficiente de canal de valor complejo  $h_{33}$  representa el canal efectivo que implica el canal físico entre la antena de transmisión 160 3 y la antena de recepción 170 3,

el coeficiente de canal de valor complejo  $h_{34}$  representa el canal efectivo que implica el canal físico entre la antena de transmisión 160 4 y la antena de recepción 170 3,

10 el coeficiente de canal de valor complejo  $h_{43}$  representa el canal efectivo que implica el canal físico entre la antena de transmisión 160 3 y la antena de recepción 170 4, y

el coeficiente de canal de valor complejo  $h_{44}$  representa el canal efectivo que implica el canal físico entre la antena de transmisión 160 4 y la antena de recepción 170 4.

15 El significado general de una matriz de canal de diagonal de bloques es que tiende a tener la estructura

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} \mathbf{H}_{\tilde{M}_1 \times \tilde{L}_1}^{(1)} & \mathbf{Z}_{\tilde{M}_1 \times \tilde{L}_2} & \dots & \mathbf{Z}_{\tilde{M}_1 \times \tilde{L}_K} \\ \mathbf{Z}_{\tilde{M}_2 \times \tilde{L}_1} & \mathbf{H}_{\tilde{M}_2 \times \tilde{L}_2}^{(2)} & \vdots & \vdots \\ \vdots & \dots & \ddots & \mathbf{Z}_{\tilde{M}_{K-1} \times \tilde{L}_K} \\ \mathbf{Z}_{\tilde{M}_K \times \tilde{L}_1} & \dots & \mathbf{Z}_{\tilde{M}_K \times \tilde{L}_{K-1}} & \mathbf{H}_{\tilde{M}_K \times \tilde{L}_K}^{(K)} \end{bmatrix}$$

20 donde la matriz se puede subdividir en  $\tilde{M}_k \times \tilde{L}_l$  bloques fuera de la diagonal  $\mathbf{Z}_{\tilde{M}_k \times \tilde{L}_l}$ ,  $k = 1, 2, \dots, K \neq l = 1, 2, \dots, K$  y en

$\tilde{M}_k \times \tilde{L}_k$  bloques en la diagonal  $\mathbf{H}_{\tilde{M}_k \times \tilde{L}_k}^{(k)}$ ,  $k = 1, 2, \dots, K$  de tamaños posiblemente diferentes. Obsérvese que se define que el canal es de diagonal de bloques si se puede volver a disponer por medio de permutaciones de fila y columna apropiadas para tener una forma como la anterior de tal manera que las potencias promedio (promediadas durante un período de tiempo suficientemente largo de manera que se elimina del promedio el desvanecimiento rápido) de los coeficientes de canal en los bloques fuera de la diagonal  $\mathbf{Z}_{\tilde{M}_1 \times \tilde{L}_2}$  son significativamente menores que las

25 potencias promedio de los coeficientes de canal en los bloques en la diagonal  $\mathbf{H}_{\tilde{M}_k \times \tilde{L}_k}^{(k)}$ . Tal potencia significativamente menor ocurriría por ejemplo si se utilizara un trazado de antena con polarización cruzada en el primer nodo 100 y un trazado similar de antena con polarización cruzada se usa en el segundo nodo 120. La diferencia en la potencia promedio entre los coeficientes de canal en la diagonal de bloques y fuera de la diagonal de bloques es a menudo, dependiendo del escenario de propagación, alrededor de 6 dB o sustancialmente mayor. Incluso si el trazado de antena utilizada en el segundo nodo 120 no está exactamente polarizada de manera cruzada, las diferencias de potencia todavía pueden ser significativas.

35 Matriz de pre-codificación que tiene una estructura de producto

En la presente solución, el primer nodo 100 determina una matriz de pre-codificación que tiene una cierta estructura de producto. La noción de una estructura de producto se presentará más adelante y se definirá explícitamente después de la discusión sobre la pre-codificación y los libros de códigos para la pre-codificación. La matriz de pre-codificación determinada se debe usar para pre-codificar la al menos una corriente de símbolos (es decir, una o más capas) para transmitir al segundo nodo 120. La determinación se puede realizar eligiendo la matriz de pre-codificación para que coincida con las características del canal modelado utilizando la matriz de canales H. Si el trazado de antena con polarización cruzada en el primer nodo 100 usa antenas horizontales y polarizadas verticalmente, una pre-codificación con estructura de diagonal de bloques es adecuado ya que el uso de un pre-codificador de estructura de diagonal de bloques coincide con la estructura de diagonal de bloques de la matriz de canal de diagonal de bloques. Sin embargo, si el trazado de antena mencionado está en cambio usando polarización orientada, por ejemplo,  $\pm 45$  grados, entonces la matriz del canal ya no es tan diagonal como si se hubieran usado polarizaciones horizontales y verticales. La estructura del producto de pre-codificador es en este caso beneficiosa ya que implica descomponer el pre-codificador en un producto de dos matrices, una matriz unitaria, llamada matriz unitaria de diagonalización de bloques, y una diagonal de bloques, donde esta última matriz se multiplica desde la izquierda con la anterior. La matriz unitaria de diagonalización de bloques determinada para usarse permite que el trazado de antena con polarización cruzada de  $\pm 45$  grados se transforme en un trazado de antena con polarización cruzada de 0/90 grados (es decir, polarizada horizontal y verticalmente), que a su vez ve un nuevo canal resultante que tiene tendencia a ser de diagonal de bloques. Como se obtiene efectivamente un canal virtual de diagonal de bloques, el pre-codificador de diagonal de bloques en la estructura del producto se puede usar ahora para que coincida con sus características. Básicamente, la matriz unitaria sirve para rotar las polarizaciones de modo que las señales transmitidas se alineen con las direcciones vertical y horizontal. Un beneficio de tal estructura de producto es que los pre-codificadores pueden tener elementos de módulo constantes, lo que significa que independientemente del pre-codificador de estructura de producto exacto, se usa la misma potencia en todos los

puertos de antena. Esto resuelve el problema de tener que lidiar con diferentes potencias de transmisión en los diferentes amplificadores de potencia (PA). Por lo tanto, la estructura del producto no solo alinea la transmisión en las polarizaciones positivas horizontales y verticales, sino que también ofrece al mismo tiempo la agrupación de las potencias de PA entre estas dos polarizaciones.

5 Libro de códigos  
 Haciendo referencia a la figura 2, en algunas realizaciones, el primer nodo 100 comprende un libro de códigos 180. El primer nodo 100 puede realizar la determinación de la matriz de pre-codificación que tiene una cierta estructura de producto seleccionando la matriz de pre-codificación que tiene una estructura de producto del libro de códigos 180 comprendido en el primer nodo 100.

15 En algunas realizaciones, el segundo nodo 120 comprende un libro de códigos 190 como se muestra en la figura 2. El segundo nodo 120 puede seleccionar una matriz de pre-codificación de, por ejemplo el libro de códigos 190 y recomienda el primer nodo para usar la matriz de pre-codificación seleccionada. Esto se puede realizar transportando la matriz de pre-codificación recomendada al primer nodo 100. El primer nodo 100 puede entonces decidir usar la matriz de pre-codificación recomendada o explotar la información de canal proporcionada de alguna otra manera.

20 El libro de códigos 180, 190 comprende matrices de pre-codificación donde cada matriz de pre-codificación puede corresponder a diferentes modos de transmisión múltiple o formas de procesamiento espacial, por ejemplo pre-codificación dependiente del canal, pre-codificación MIMO, SDMA, SDMA con pre-codificación, MIMO-SDMA, etc. Tal información puede ser predefinida. El libro de códigos 180, 190 puede además además de las matrices /  
 25 vectores de pre-codificador comprender muchos otros parámetros tales como, rangos de transmisión, opciones de modulación, tamaños de bloque de transporte, potencias y/o códigos de canalización, etc. En algunas realizaciones, el libro de códigos 180, 190 comprende un pre-codificador donde el rango de transmisión está implícitamente dado por el tamaño de la matriz de pre-codificador. El libro de códigos 180, 190 es adecuado para un trazado de antena en el primer nodo con no necesariamente polarizaciones de 0/90 grados, ya que el libro de códigos 180, 190 comprende una o más matrices de pre-codificación que tienen dicha estructura de producto. El libro de códigos 180, 190 puede comprender además matrices de pre-codificación que tienen una estructura sin producto. Sin embargo, según el presente método, el primer nodo 100 o segundo nodo 120 es libre de seleccionar una matriz de pre-codificación que tenga dicha estructura de producto a partir del libro de códigos. Los libros de códigos 180 y 190 pueden conocerse a priori tanto por el primer nodo 100 como por el segundo nodo 120. Además, el transmisor en el primer nodo 100 puede, por ejemplo, notificar al receptor en el segundo nodo 120 de su libro de códigos 180. Una estructura de libro de códigos adecuada también tendrá una estructura de producto en el sentido de que un número significativo de elementos de pre-codificador usa la estructura del producto. Como se indicó anteriormente, los elementos de pre-codificador con una estructura de producto pueden escribirse como

$$\mathbf{W} = \mathbf{V}\tilde{\mathbf{W}}$$

40 donde V es una matriz unitaria de diagonalización de bloques de  $N_T \times N_T$  y  $\tilde{\mathbf{W}}$  es una matriz de diagonal de bloques de  $N_T \times r$ .

45 La característica de diagonal de bloques de  $\tilde{\mathbf{W}}$  se refiere a la colocación de ceros en las matrices de pre-codificador. Una matriz de pre-codificador de diagonal de bloques  $\mathbf{W} = \mathbf{W}_{N_T \times r}$  puede escribirse en general como

$$\tilde{\mathbf{W}} = \begin{bmatrix} \tilde{\mathbf{W}}_{M_1 \times L_1}^{(1)} & \mathbf{0}_{M_1 \times L_2} & \dots & \mathbf{0}_{M_1 \times L_K} \\ \mathbf{0}_{M_2 \times L_1} & \tilde{\mathbf{W}}_{M_2 \times L_2}^{(2)} & \vdots & \vdots \\ \vdots & \dots & \ddots & \mathbf{0}_{M_{K-1} \times L_K} \\ \mathbf{0}_{M_K \times L_1} & \dots & \mathbf{0}_{M_K \times L_{K-1}} & \tilde{\mathbf{W}}_{M_K \times L_K}^{(K)} \end{bmatrix}$$

50 donde como se ve solo los  $M_k \times L_k$  bloques  $\tilde{\mathbf{W}}_{M_k \times L_k}^{(k)}$ ,  $k = 1, 2, \dots, K$  de tamaños posiblemente variables en la diagonal (en el dominio de bloques) puede contener elementos distintos de cero. Una matriz de pre-codificador se considera de diagonal de bloques si sus columnas y filas se pueden permutar para lograr la forma anterior. El caso de rangos en la Tabla 1 muestra un ejemplo donde las matrices de pre-codificador tienen la estructura

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} \mathbf{W}_{2 \times 1}^{(1)} & \mathbf{0}_{2 \times 1} \\ \mathbf{0}_{2 \times 1} & \mathbf{W}_{2 \times 1}^{(2)} \end{bmatrix}$$

55

Obsérvese también que un bloque puede ser de tamaño 1x1. De este modo, también se puede considerar que la matriz de identidad tiene una estructura de diagonal de bloques.

Un ejemplo de una matriz unitaria de diagonalización de bloques está dado por

5

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

que, asumiendo un antenaje  $N_T = 4$  Tx donde las dos primeras antenas tienen una dirección de polarización +45 y las dos últimas tienen una dirección de polarización de -45 grados, rotará las polarizaciones  $\pm 45$  grados para alinearse con la dirección horizontal y vertical. Combinado con los elementos de diagonal de bloques  $\tilde{W}$  en el conjunto mostrado en la Tabla 1, la transmisión puede verse como procedente de un libro de códigos de diagonal de bloques aplicado a un trazado de antena con antenas polarizadas vertical y horizontalmente. Al multiplicar la V unitaria de diagonalización de bloques con las matrices  $\tilde{W}$  en la Tabla 1, se obtiene el libro de códigos de elementos de pre-codificador en la Tabla 2. Como se ve, todos los elementos escalares en cada matriz de pre-codificador tienen el mismo valor absoluto que implica un diseño equilibrado, independientemente de qué elemento de pre-codificador se elija, las señales correspondientes a los diversos puertos de antena / antenas transmisoras tienen todas la misma potencia. De este modo, los PA pueden utilizarse completamente desde la perspectiva de la operación de pre-codificación.

10

15

20

Tabla 1: Ejemplo de un conjunto de matrices  $\tilde{W}$  de diagonal de bloques especialmente adecuadas para dos pares de antenas de polarización cruzada espacialmente separadas (distancia pequeña) en modo SU-MIMO.

| Rango Tx | Libro de códigos por rango  | Tabla 1 |
|----------|---|---------|
| 1        | $\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ \exp(j2\pi k / 4) \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad k = 0, \dots, 3$ $\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ \exp(j2\pi k / 4) \end{bmatrix}, \quad k = 0, \dots, 3$ |         |
| 2        | $\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \exp(j2\pi k / 4) & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & \exp(j2\pi k / 4) \end{bmatrix}, \quad k = 0, \dots, 3$   |         |

Tabla 2: Ejemplo de libro de códigos de matrices de pre-codificador W que tienen estructura de producto

| Rango Tx | Libro de códigos por rango  | Tabla 2 |
|----------|---|---------|
| 1        | $\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ \exp(j2\pi k / 4) \\ 1 \\ \exp(j2\pi k / 4) \end{bmatrix}, \quad k = 0, \dots, 3$ $\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ \exp(j2\pi k / 4) \\ -1 \\ -\exp(j2\pi k / 4) \end{bmatrix}, \quad k = 0, \dots, 3$ |         |

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

El libro de códigos de la Tabla 2 funciona bien siempre que las dos polarizaciones estén bien separadas, es decir, si la discriminación de polarización cruzada (XPD) es suficientemente alta. Para mejorar el rendimiento para escenarios con XPD medio, es beneficioso permitir que el signo de los pesos para las dos polarizaciones varíe, como se ejemplifica en el conjunto de matrices para  $\tilde{\mathbf{W}}$  en la Tabla 3, la Tabla 4 y la Tabla 5. Esto ayuda a evitar que las dos polarizaciones se cancelen entre sí. El problema es entonces que incluso la multiplicación con la matriz V anterior conduce a desequilibrios de potencia entre los PA. En otras palabras, no todos los elementos en cada multiplicación de matriz / vector de pre-codificador tienen la misma magnitud. En este caso, una mejor opción puede ser multiplicar con

$$\mathbf{V} = \begin{bmatrix} \exp(j\pi/4) & 0 & \exp(-j\pi/4) & 0 \\ 0 & \exp(j\pi/4) & 0 & \exp(-j\pi/4) \\ \exp(j\pi/4) & 0 & -\exp(-j\pi/4) & 0 \\ 0 & \exp(j\pi/4) & 0 & -\exp(-j\pi/4) \end{bmatrix}$$

Esto asegura que todos los elementos tienen la misma amplitud y permite el uso completo de todos los PA, aunque ofrece la ventaja de transformar polarizaciones de  $\pm 45$  grados en polarizaciones verticales y horizontales, que proporcionan una mejor separación de las corrientes en el modo multicorriente.

Los libros de códigos y las matrices unitarias anteriores pueden generalizarse fácilmente a otros tamaños de ordenación de transmisión (es decir, distintos de cuatro antenas) y también es posible multiplicar los elementos de pre-codificador de la derecha con alguna o algunas matrices posiblemente unitarias y multiplicaciones de matrices adicionales de la izquierda también. Esto incluye permutar las filas y/o columnas de los elementos del pre-codificador. Estos libros de códigos también pueden ser subconjuntos de libros de códigos más grandes. En relación con esto, se debe tener en cuenta que hay muchas formas equivalentes de expresar la estructura de producto anterior, en particular para la matriz unitaria de diagonalización de bloques V. Por ejemplo, otras formas equivalentes de expresar la primera V ejemplificada serían

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

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

En general, se define que la noción de matriz unitaria de diagonalización de bloques significa una matriz unitaria (unitaria hasta un factor de escala) tal que para un trazado particular de antena con polarización cruzada, crea un trazado de antena con polarización cruzada virtual que imita la transmisión desde un trazado de antena de polarización cruzada con antenas polarizadas vertical y horizontalmente, que al mismo tiempo garantiza que junto con las matrices de diagonal de bloques en la estructura del producto, todos los elementos escalares de las matrices de pre-codificador de estructura de producto resultantes tienen el mismo valor absoluto. Por lo tanto, la matriz unitaria de diagonalización de bloques rota las polarizaciones de dicha manera y asegura que el uso de los PA esté equilibrado. Además, la noción de una matriz unitaria de diagonalización de bloques de 45 grados se define como una matriz unitaria de diagonalización de bloques que gira las direcciones de polarización 45 grados.

Tabla 3: Estructura de ejemplo de conjunto de matrices  $\tilde{\mathbf{W}}$  adecuada especialmente bien para dos pares de antenas de polarización cruzada especialmente separadas (distancia pequeña) en modo SU-MIMO. Obsérvese que, para la simplicidad nacional, la escala de las matrices para mantener constante la potencia de transmisión total independientemente de la matriz de pre-codificación seleccionada se ha omitido intencionadamente.

| Rango Tx | Libro de códigos por rango  | Tabla 3 |
|----------|---|---------|
| 1        | $\begin{bmatrix} 1 \\ \exp(j2\pi k / 4) \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad k = 0, \dots, 3$ $\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ \exp(j2\pi k / 4) \end{bmatrix}, \quad k = 0, \dots, 3$ $\begin{bmatrix} 1 \\ \exp(j2\pi k / 4) \\ 1 \\ \exp(j2\pi k / 4) \end{bmatrix}, \quad k = 0, \dots, 3$ $\begin{bmatrix} 1 \\ \exp(j2\pi k / 4) \\ -1 \\ -\exp(j2\pi k / 4) \end{bmatrix}, \quad k = 0, \dots, 3$ |         |
| 2        | $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \exp(j2\pi k / 4) & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & \exp(j2\pi k / 4) \end{bmatrix}, \quad k = 0, \dots, 3$ $\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ \exp(j2\pi k / 4) & \exp(j2\pi k / 4) \\ 1 & -1 \\ \exp(j2\pi k / 4) & -\exp(j2\pi k / 4) \end{bmatrix}, \quad k = 0, \dots, 3$   |         |

Tabla 4: Estructura de ejemplo de conjunto de matrices  $\tilde{\mathbf{W}}$  adecuada especialmente bien para dos pares de antenas de polarización cruzada espacialmente separadas (gran distancia) en modo SU-MIMO. Tenga en cuenta que, para la simplicidad de la notación, la escala de las matrices para mantener la potencia de transmisión total constante independientemente de la matriz de pre-codificación seleccionada se ha omitido intencionadamente.

5

| Rango Tx | Libro de códigos por rango | Tabla 4 |
|----------|----------------------------|---------|
|----------|----------------------------|---------|

|          |  |
|----------|--|
| <p>1</p> | $\begin{bmatrix} 1 \\ \exp(j2\pi k/4) \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad k=0, \dots, 3$ $\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ \exp(j2\pi k/4) \end{bmatrix}, \quad k=0, \dots, 3$ $\begin{bmatrix} 1 \\ \exp(j2\pi k/2) \\ 1 \\ \exp(j2\pi k'/2) \end{bmatrix}, \quad k=0, \dots, 1 \quad k'=0, \dots, 1$ $\begin{bmatrix} 1 \\ \exp(j2\pi k/2) \\ -1 \\ -\exp(j2\pi k'/2) \end{bmatrix}, \quad k=0, \dots, 1 \quad k'=0, \dots, 1$  |
| <p>2</p> | $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \exp(j2\pi k/4) & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & \exp(j2\pi k'/4) \end{bmatrix}, \quad k=0, \dots, 1 \quad k'=0, \dots, 1$ $\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ \exp(j2\pi k/2) & \exp(j2\pi k/2) \\ 1 & -1 \\ \exp(j2\pi k'/2) & -\exp(j2\pi k'/2) \end{bmatrix}, \quad k=0, \dots, 1 \quad k'=0, \dots, 1$ $\mathbf{W}_{2 \times 2} \in \mathcal{W} = \left\{ \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ j & -j \end{bmatrix} \right\}$ $\begin{bmatrix} \mathbf{W}_{2 \times 2} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{W}_{2 \times 2} \in \mathcal{W}$ $\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \mathbf{W}_{2 \times 2} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{W}_{2 \times 2} \in \mathcal{W}$ |
| <p>3</p> | $\mathbf{W}_{2 \times 2} \in \mathcal{W} = \left\{ \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ j & -j \end{bmatrix} \right\}$ $\begin{bmatrix} \mathbf{W}_{2 \times 2} & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & \exp(j2\pi k'/4) \end{bmatrix}, \quad \mathbf{W}_{2 \times 2} \in \mathcal{W}, \quad k'=0, \dots, 3$ $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \exp(j2\pi k/4) & 0 \\ 0 & \mathbf{W}_{2 \times 2} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{W}_{2 \times 2} \in \mathcal{W}, \quad k=0, \dots, 3$  |

|   |  |
|---|--|
| 4 | $\mathbf{W}_{2 \times 2} \in \mathcal{W} = \left\{ \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ j & -j \end{bmatrix} \right\}$ $\begin{bmatrix} \mathbf{W}_{2 \times 2} & 0 \\ 0 & \mathbf{V}_{2 \times 2} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{W}_{2 \times 2} \in \mathcal{W}, \quad \mathbf{V}_{2 \times 2} \in \mathcal{W}$ |
|---|--|

Tabla 5: Estructura de ejemplo de conjunto de matrices  $\tilde{\mathbf{W}}$  especialmente adecuada para dos pares de antenas de polarización cruzada espacialmente separadas (gran distancia) en modo SU-MIMO. Obsérvese que, para la simplicidad de la notación, la escala de las matrices así como para mantener constante la potencia de transmisión total independientemente de la matriz de pre-codificación seleccionada que se haya omitido intencionadamente.

| Rango Tx | Libro de códigos por rango  | Tabla 5 |
|----------|---|---------|
| 1        | $\begin{bmatrix} 1 \\ \exp(j2\pi k / 4) \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad k = 0, \dots, 3$ $\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ \exp(j2\pi k / 4) \end{bmatrix}, \quad k = 0, \dots, 3$ $\begin{bmatrix} 1 \\ \exp(j2\pi k / 2) \\ 1 \\ \exp(j2\pi k' / 2) \end{bmatrix}, \quad k = 0, \dots, 1 \quad k' = 0, \dots, 1$ $\begin{bmatrix} 1 \\ \exp(j2\pi k / 2) \\ -1 \\ -\exp(j2\pi k' / 2) \end{bmatrix}, \quad k = 0, \dots, 1 \quad k' = 0, \dots, 1$   |         |
| 2        | $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \exp(j2\pi k / 4) & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & \exp(j2\pi k' / 4) \end{bmatrix}, \quad k = 0, \dots, 3 \quad k' = 0, \dots, 3$   |         |
| 3        | $\mathbf{W}_{2 \times 2} \in \mathcal{W} = \left\{ \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ j & -j \end{bmatrix} \right\}$ $\begin{bmatrix} \mathbf{W}_{2 \times 2} & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & \exp(j2\pi k' / 4) \end{bmatrix}, \quad \mathbf{W}_{2 \times 2} \in \mathcal{W}, \quad k' = 0, \dots, 3$ $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \exp(j2\pi k / 4) & 0 \\ 0 & \mathbf{W}_{2 \times 2} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{W}_{2 \times 2} \in \mathcal{W}, \quad k = 0, \dots, 3$ |         |

|   |  |
|---|--|
| 4 | $\mathbf{W}_{2 \times 2} \in W = \left\{ \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ j & -j \end{bmatrix} \right\}$ $\begin{bmatrix} \mathbf{W}_{2 \times 2} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{V}_{2 \times 2} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{W}_{2 \times 2} \in W, \quad \mathbf{V}_{2 \times 2} \in W$ |
|---|--|

Las etapas de método en el primer nodo 100 para adaptar una transmisión multiantena al segundo nodo 120 a través de un canal inalámbrico 130 de acuerdo con algunas realizaciones se describirán ahora con referencia a un diagrama de flujo representado en la figura 4. El canal inalámbrico 130 tiene al menos tres entradas y al menos una salida. El primer nodo 100 y el segundo nodo 120 están comprendidos en el sistema de comunicación inalámbrico 110. El método que comprende las etapas de:

401. El primer nodo obtiene al menos una corriente de símbolos. La corriente de símbolos está destinada a ser transmitida al segundo nodo 120 a través del canal inalámbrico.

402. Esta etapa es opcional. En algunas realizaciones, el primer nodo 100 recibe información de canal del segundo nodo 120. La información del canal es en general una cantidad que está estadísticamente relacionada con el canal inalámbrico. Los ejemplos de información de canal incluyen estimaciones de canales, estimaciones de canales cuantificados, recomendaciones de pre-codificadores, etc. En particular, la información de canal recibida puede comprender una matriz de pre-codificación que el segundo nodo 120 recomienda que el primer nodo 100 use para la etapa de pre-codificación. En algunas realizaciones en las que dicha información de canal comprende una estimación de canal, esta estimación de canal puede ser utilizada por el primer nodo 100 para determinar una matriz de pre-codificador adecuada para la transmisión.

403. En esta etapa, el primer nodo 100 determina una matriz de pre-codificación que tiene una estructura de producto creada por una matriz de diagonal de bloques que se multiplica desde la izquierda con una matriz unitaria de diagonalización de bloques.

En algunas realizaciones, la matriz unitaria de diagonalización de bloques es una matriz unitaria de diagonalización de bloques de 45 grados.

En algunas realizaciones, el primer nodo 100 ha recibido información de canal del segundo nodo 120 en la etapa opcional 402. En estas realizaciones, esta etapa de determinar la matriz de pre-codificación se realiza en base a la información de canal recibida desde el segundo nodo 120.

Esta etapa de determinación de la matriz de pre-codificación también puede realizarse basando la determinación en mediciones realizadas en un enlace inverso, es decir, mediciones en el primer nodo 100 de señales recibidas que se originan de transmisiones desde el segundo nodo 120, y/o explotación de propiedades de reciprocidad de canal. La reciprocidad del canal significa que el canal, o ciertas propiedades del canal, son similares en los enlaces directo (desde el primer nodo 100 hasta el segundo nodo 120) e inverso (desde el segundo nodo 120 hasta el primer nodo 100). Las mediciones en un enlace inverso pueden comprender una estimación de canal.

En algunas realizaciones, el primer nodo 100 comprende un libro de códigos de pre-codificación 180 que comprende elementos de pre-codificación, en el que al menos la mitad de los elementos de pre-codificación en el libro de códigos de pre-codificación 180 tienen dicha estructura de producto. En este caso, esta etapa puede realizarse seleccionando la matriz de pre-codificación que tiene una estructura de producto del libro de códigos 180.

La matriz unitaria de diagonalización de bloques puede, por ejemplo, ser equivalente a

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \text{ ó } \begin{bmatrix} \exp(j\pi/4) & 0 & \exp(-j\pi/4) & 0 \\ 0 & \exp(j\pi/4) & 0 & \exp(-j\pi/4) \\ \exp(j\pi/4) & 0 & -\exp(-j\pi/4) & 0 \\ 0 & \exp(j\pi/4) & 0 & -\exp(-j\pi/4) \end{bmatrix}$$

404. El primer nodo 100 pre-codifica al menos una corriente de símbolos con la matriz de pre-codificación determinada.

405. El primer nodo 100 transmite luego la corriente de símbolos pre-codificada al menos una sobre un canal inalámbrico 130 al segundo nodo 120. En algunas realizaciones, la transmisión de la al menos una corriente de símbolos pre-codificada en el primer nodo 100 se realiza usando un sistema multiantena con un trazado de antena con polarización cruzada.

Para llevar a cabo las etapas de método anteriores, el primer nodo 100 comprende una disposición 500 representada en la figura 5. Como se mencionó anteriormente, el primer nodo 100 y el segundo nodo 120 están comprendidos en el sistema de comunicación inalámbrico 110. La primera disposición de nodo está dispuesta para adaptar una transmisión multiantena a un segundo nodo 120 a través de un canal inalámbrico. El canal inalámbrico 130 tiene al menos tres entradas y al menos una salida. Como se mencionó anteriormente, el primer nodo 100 y el segundo nodo 120 están comprendidos en el sistema de comunicación inalámbrico 110.

La primera disposición de nodo 500 comprende una unidad de obtención 510 configurada para obtener al menos una corriente de símbolos.

La primera disposición 500 de nodo comprende además una unidad de determinación 520 configurada para determinar una matriz de pre-codificación que tiene una estructura de producto creada por una matriz de diagonal de bloques que se multiplica desde la izquierda, con una matriz unitaria de diagonalización de bloques. En algunas realizaciones, la matriz unitaria de diagonalización de bloques es una matriz unitaria de diagonalización de bloques de 45 grados.

La unidad de determinación 520 también puede configurarse para determinar la matriz de pre-codificación basando la determinación en las mediciones en un enlace inverso y/o explotando las propiedades de reciprocidad del canal.

La matriz unitaria de diagonalización de bloques puede ser equivalente a

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \frac{1}{6} \begin{bmatrix} \exp(j\pi/4) & 0 & \exp(-j\pi/4) & 0 \\ 0 & \exp(j\pi/4) & 0 & \exp(-j\pi/4) \\ \exp(j\pi/4) & 0 & -\exp(-j\pi/4) & 0 \\ 0 & \exp(j\pi/4) & 0 & -\exp(-j\pi/4) \end{bmatrix}$$

La primera disposición de nodo 500 comprende además una unidad de pre-codificación 530 configurada para pre-codificar la al menos una corriente de símbolos con la matriz de pre-codificación determinada.

La primera disposición de nodo 500 comprende además una unidad de transmisión 540 configurada para transmitir la corriente de símbolos pre-codificada al menos una sobre un canal inalámbrico 130 al segundo nodo 120.

En algunas realizaciones, la primera disposición de nodo 500 comprende un libro de códigos de pre-codificación 180. El libro de códigos de pre-codificación 180 puede comprender elementos de pre-codificación, en donde al menos la mitad de los elementos de pre-codificación en el libro de códigos de pre-codificación 180 tienen dicha estructura de producto. En este caso, la unidad de determinación 520 puede configurarse para seleccionar la matriz de pre-codificación que tiene una estructura de producto a partir del libro de códigos de pre-codificación 180.

En algunas realizaciones, la primera disposición de nodo 500 comprende una unidad de recepción 550 configurada para recibir información de canal del segundo nodo 120. En este caso, la unidad de determinación 520 puede configurarse para determinar la matriz de pre-codificación basándose en la información de canal recibida desde el segundo nodo 120.

La información del canal puede comprender una matriz de pre-codificación que el segundo nodo 120 recomienda que el primer nodo 100 use para la pre-codificación.

En algunas realizaciones, la información de canal comprende una estimación de canal.

La primera disposición de nodo 500 puede comprender además un sistema multiantena con un trazado de antena con polarización cruzada. En este caso, la unidad de transmisión 540 puede configurarse para transmitir la corriente de símbolos pre-codificada al menos una en el primer nodo 100 utilizando dicha multi antena.

Ahora se describirán las etapas de método en el segundo nodo 100 para recibir una transmisión multiantena desde un primer nodo 100 a través de un canal inalámbrico 130 de acuerdo con algunas realizaciones con referencia a un diagrama de flujo representado en la figura 6. El canal inalámbrico 130 tiene al menos tres entradas y al menos una salida. Como se mencionó anteriormente, el primer nodo 100 y el segundo nodo 120 están comprendidos en un sistema de comunicación inalámbrica 110. El método que comprende la etapa de:

601. Esta es una etapa opcional. El segundo nodo selecciona una matriz de pre-codificación que se recomienda usar por el primer nodo 100 para pre-codificar una transmisión.

Un libro de códigos de pre-codificación 180, 190 puede estar comprendido en el segundo nodo 120. En ese caso, la matriz de pre-codificación recomendada puede seleccionarse de dicho libro de códigos de pre-codificación 180, 190.

5 602. Esta es una etapa opcional. El segundo nodo 120 transporta información de canal al primer nodo 100. La información de canal puede ser utilizada por el primer nodo 100 como base para determinar una matriz de pre-codificación con la que se pre-codificará una transmisión correspondiente a al menos una corriente de símbolos.

Si se realiza la etapa opcional 601, dicha información de canal transportada puede representarse mediante la matriz de pre-codificación recomendada.

10 603. El segundo nodo 100 recibe una transmisión correspondiente a al menos una corriente de símbolos a través de un canal inalámbrico 130 transportado desde el primer nodo 100. La al menos una corriente de símbolos se pre-codifica con una matriz de pre-codificación que tiene una estructura de producto creada por una matriz de diagonal de bloques que se multiplica desde la izquierda, con una matriz unitaria de diagonalización de bloques. En algunas  
15 realizaciones, la matriz unitaria de diagonalización de bloques es una matriz unitaria de diagonalización de bloques de 45 grados.

La matriz de pre-codificación puede estar comprendida en un libro de códigos de pre-codificación 180, 190 de tamaño finito en el que al menos la mitad de los elementos de pre-codificación en el libro de códigos de pre-codificación tiene dicha estructura de producto.  
20

La matriz unitaria de diagonalización de bloques puede ser equivalente a

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \text{ ó } \begin{bmatrix} \exp(j\pi/4) & 0 & \exp(-j\pi/4) & 0 \\ 0 & \exp(j\pi/4) & 0 & \exp(-j\pi/4) \\ \exp(j\pi/4) & 0 & -\exp(-j\pi/4) & 0 \\ 0 & \exp(j\pi/4) & 0 & -\exp(-j\pi/4) \end{bmatrix}$$

25 En algunas realizaciones, la recepción de dicha transmisión de la al menos una corriente de símbolos pre-codificada se realiza usando un sistema multiantena con un trazado de antena con polarización cruzada.

30 Para realizar las etapas de método anteriores, el segundo nodo 120 comprende una disposición 700 representada en la figura 7. Como se mencionó anteriormente, el segundo nodo 120 está dispuesto para recibir una transmisión multiantena desde un primer nodo 100 a través de un canal inalámbrico 130. El canal inalámbrico tiene al menos tres entradas y al menos una salida. El primer nodo 100 y el segundo nodo 120 están comprendidos en un sistema de comunicación inalámbrico 110.

35 La segunda disposición de nodo 700 comprende una unidad receptora 710 configurada para recibir una transmisión correspondiente a al menos una corriente de símbolos a través de un canal inalámbrico 130 transportado desde el primer nodo 100. La al menos una corriente de símbolos se pre-codifica con una matriz de pre-codificación que tiene una estructura de producto creada por una matriz de diagonal de bloques que se multiplica desde la izquierda con una matriz unitaria de diagonalización de bloques. En algunas realizaciones, la matriz unitaria de diagonalización de bloques es una matriz unitaria de diagonalización de bloques de 45 grados. La matriz de pre-codificación puede estar comprendida en un libro de códigos de pre-codificación 180, 190 de tamaño finito en el que al menos la mitad de los elementos de pre-codificación en el libro de códigos de pre-codificación tiene dicha estructura de producto. El libro de códigos de pre-codificación 180, 190 puede estar comprendido en el primer nodo 100 o el segundo nodo 120.  
40

45 La matriz unitaria de diagonalización de bloques puede e, g. ser equivalente a

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \text{ ó } \begin{bmatrix} \exp(j\pi/4) & 0 & \exp(-j\pi/4) & 0 \\ 0 & \exp(j\pi/4) & 0 & \exp(-j\pi/4) \\ \exp(j\pi/4) & 0 & -\exp(-j\pi/4) & 0 \\ 0 & \exp(j\pi/4) & 0 & -\exp(-j\pi/4) \end{bmatrix}$$

50 En algunas realizaciones, la segunda disposición 700 de nodo comprende además una unidad 720 de transporte configurada para transportar información de canal al primer nodo 100. La información de canal puede ser utilizada por el primer nodo 100 como base para determinar la matriz de pre-codificación con la que se pre-codificará la al

menos una corriente de símbolos recibida.

En algunas realizaciones, la información de canal dispuesta para ser transportada comprende una estimación de canal.

5 La segunda disposición de nodo 700 puede comprender además una unidad de selección 730 configurada para seleccionar la matriz de pre-codificación que se recomienda usar por el primer nodo 100 para pre-codificar dicha transmisión.

10 La información de canal dispuesta para ser transportada por la unidad de transporte 720 al primer nodo 100, puede representarse mediante la matriz de pre-codificación seleccionada y recomendada.

15 En algunas realizaciones, el libro de códigos de pre-codificación 190 está comprendido en el segundo nodo 120. En este caso, la matriz de pre-codificación recomendada puede seleccionarse de dicho libro de códigos de pre-codificación 180, 190.

20 En algunas realizaciones, la segunda disposición de nodo 700 comprende además un sistema multiantena con un trazado de antena con polarización cruzada. En este caso, la unidad de recepción 710 puede estar configurada además para recibir dicha transmisión de la al menos una corriente de símbolos pre-codificada utilizando dicho sistema multiantena.

25 Algunas realizaciones del presente método se pueden describir como un método para mejorar el rendimiento en un entorno de comunicación inalámbrica, que comprende: modificar un esquema de pre-codificación multiplicando uno o varios de: elementos de pre-codificador del libro de códigos, una señal transmitida, o partes de los mismos, antes o después de posibles pilotos, con ciertas matrices unitarias, y extendiendo un libro de códigos de diagonal de bloques con elementos de diagonal sin bloques.

30 Los elementos de diagonal sin bloques se pueden agregar al libro de códigos de diagonal de bloques para mejorar el rendimiento donde la discriminación polar cruzada no es infinita.

Todos los elementos en dicho libro de códigos se pueden multiplicar con una matriz unitaria para transformar un antenaje con polarización cruzada de  $\pm 45$  grados en una ordenación virtual polarizada vertical y horizontalmente.

35 En algunas realizaciones, la misma matriz unitaria se elige para equilibrar la potencia entre los amplificadores de potencia.

40 Algunas realizaciones del presente método se pueden describir como un dispositivo de comunicación inalámbrica que comprende un procesador configurado para seleccionar un modo de transmisión de una pluralidad de modos de transmisión de un libro de códigos, y una memoria acoplada con el procesador. El procesador está configurado además para modificar un esquema de pre-codificación en dicha memoria multiplicando uno o varios de: elementos de pre-codificador del libro de códigos, una señal transmitida, o partes de los mismos, antes o después de posibles pilotos, con ciertas matrices unitarias y extendiendo un bloque libro de códigos diagonal con elementos diagonales sin bloque.

45 Algunas realizaciones del presente método se pueden describir como un medio legible por computadora que incluye instrucciones almacenadas en él que comprende: instrucciones para procesar y modificar un esquema de pre-codificación multiplicando uno o varios de: elementos de pre-codificador del libro de códigos, una señal transmitida o partes del mismo, antes o después de posibles pilotos, con ciertas matrices unitarias, y extendiendo un libro de códigos de diagonal de bloques con elementos de diagonal sin bloques.

50 El presente mecanismo para adaptar una transmisión multiantena transmitida desde un primer nodo a través de un canal inalámbrico y recibido por un segundo nodo 120 puede implementarse a través de uno o más procesadores, como el procesador 560 en la primera disposición de nodo 500 representada en la figura 5 o el procesador 740 en la segunda disposición 700 de nodo representada en la figura 7, junto con el código de programa informático para realizar las funciones de la presente solución. El código de programa mencionado anteriormente también se puede proporcionar como un producto de programa informático, por ejemplo en forma de un portador de datos que lleva código de programa informático para realizar la presente solución cuando se carga en el primer nodo 100 o el segundo nodo 120. Uno de estos portadores puede estar en la forma de un disco CD ROM. Sin embargo, es factible con otros soportes de datos, como una tarjeta de memoria. El código de programa informático puede proporcionarse además como código de programa puro en un servidor y descargarse de manera remota al primer nodo 100 o al  
60 segundo nodo 120.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método en un primer nodo (100) para adaptar una transmisión multiantena a un segundo nodo (120) sobre un canal inalámbrico (130), teniendo el canal inalámbrico (130) al menos tres entradas y al menos una salida, estando el primer nodo (100) y el segundo nodo (120) comprendidos en un sistema de comunicación inalámbrica (110), comprendiendo el método las etapas de:

obtener (401) al menos una corriente de símbolos,

determinar (403) una matriz de pre-codificación que tiene una estructura de producto en la que la estructura de producto se puede descomponer en una matriz de diagonal de bloques que se multiplica desde la izquierda con una matriz unitaria de diagonalización de bloques,

pre-codificar (404) la al menos una corriente de símbolos con la matriz de pre-codificación determinada, y

transmitir (405) la al menos una corriente de símbolos pre-codificada sobre un canal inalámbrico (130) al segundo nodo (120).

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la matriz de pre-codificación comprende elementos y en el que cada elemento en la matriz de pre-codificación tiene la misma magnitud.

3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha matriz unitaria de diagonalización de bloques es una matriz unitaria de diagonalización de bloques de 45 grados.

4. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que la etapa de determinar (403) una matriz de pre-codificación se realiza seleccionando la matriz de pre-codificación que tiene una estructura de producto, en el que la estructura de producto se puede descomponer en una matriz de diagonal de bloques que se multiplica desde la izquierda con una matriz unitaria de diagonalización de bloques, a partir de un libro de códigos de pre-codificación (180, 190) que comprende elementos de pre-codificación, en el que al menos la mitad los elementos de pre-codificación en el libro de códigos de pre-codificación (180, 190) tienen dicha estructura de producto.

5. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que la matriz unitaria de diagonalización de bloques es equivalente a

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

6. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que la matriz unitaria de diagonalización de bloques es equivalente a

$$\begin{bmatrix} \exp(j\pi/4) & 0 & \exp(-j\pi/4) & 0 \\ 0 & \exp(j\pi/4) & 0 & \exp(-j\pi/4) \\ \exp(j\pi/4) & 0 & -\exp(-j\pi/4) & 0 \\ 0 & \exp(j\pi/4) & 0 & -\exp(-j\pi/4) \end{bmatrix}$$

7. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-6, que comprende la etapa adicional de:

recibir (402) información de canal desde el segundo nodo (120), y en el que la etapa de determinar (403) la matriz de pre-codificación se realiza en base a la información de canal recibida desde el segundo nodo (120).

8. El método de acuerdo con la reivindicación 7, en el que dicha información de canal recibida comprende una matriz de pre-codificación que el segundo nodo (120) recomienda que el primer nodo (100) use para la etapa de pre-codificación (404).

9. Un método en un segundo nodo (120) para recibir una transmisión multiantena desde un primer nodo (100) sobre un canal inalámbrico (130), teniendo el canal inalámbrico (130) al menos tres entradas y al menos una salida, estando el primer nodo (100) y el segundo nodo (120) comprendidos en un sistema de comunicación inalámbrica

(110), comprendiendo el método la etapa de:

recibir (603) una transmisión correspondiente a al menos una corriente de símbolos sobre un canal inalámbrico (130) transportado desde el primer nodo (100), al menos una corriente de símbolos que se pre-codifica con una matriz de pre-codificación que tiene una estructura de producto que se puede descomponer en una matriz de diagonal de bloques que se multiplica desde la izquierda con una matriz unitaria de diagonalización de bloques; y

demodular la al menos una corriente de símbolos.

10 10. El método de acuerdo con la reivindicación 9, en el que la matriz de pre-codificación comprende elementos y en el que cada elemento en la matriz de pre-codificación tiene la misma magnitud.

15 11. El método de acuerdo con la reivindicación 9, en el que dicha matriz unitaria de diagonalización de bloques es una matriz unitaria de diagonalización de bloques de 45 grados.

12. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9-11, en el que dicha matriz de pre-codificación está comprendida en un libro de códigos de pre-codificación de tamaño finito en el que al menos la mitad de los elementos de pre-codificación en el libro de códigos de pre-codificación tienen dicha estructura de producto.

20 13. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9-12, en el que la matriz unitaria de diagonalización de bloques es equivalente a

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

25 14. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9-12, en el que la matriz unitaria de diagonalización de bloques es equivalente a

$$\begin{bmatrix} \exp(j\pi/4) & 0 & \exp(-j\pi/4) & 0 \\ 0 & \exp(j\pi/4) & 0 & \exp(-j\pi/4) \\ \exp(j\pi/4) & 0 & -\exp(-j\pi/4) & 0 \\ 0 & \exp(j\pi/4) & 0 & -\exp(-j\pi/4) \end{bmatrix}$$

30 15. Una disposición (500) en un primer nodo (100), para adaptar una transmisión multiantena a un segundo nodo (120) sobre un canal inalámbrico (130), teniendo el canal inalámbrico (130) al menos tres entradas y al menos una salida, estando el primer nodo (100) y el segundo nodo (120) comprendidos en un sistema de comunicación inalámbrica (110), comprendiendo la disposición de primer nodo:

35 una unidad de obtención (510) configurada para obtener al menos una corriente de símbolos,

una unidad de determinación (520) configurada para determinar una matriz de pre-codificación que tiene una estructura de producto, en el que la estructura de producto se puede descomponer en una matriz de diagonal de bloques que se multiplica desde la izquierda con una matriz unitaria de diagonalización de bloques,

40 una unidad de pre-codificación (530) configurada para pre-codificar la al menos una corriente de símbolos con la matriz de pre-codificación determinada, y

45 una unidad de transmisión (540) configurada para transmitir la al menos una corriente de símbolos pre-codificada sobre un canal inalámbrico al segundo nodo (120).

16. La disposición de acuerdo con la reivindicación 15, en la que la matriz de pre-codificación comprende elementos y en la que cada elemento en la matriz de pre-codificación tiene la misma magnitud.

50 17. Una disposición (700) en un segundo nodo (120), para recibir una transmisión multiantena desde un primer nodo (100) sobre un canal inalámbrico (130), teniendo el canal inalámbrico (130) al menos tres entradas y al menos una salida, estando el primer nodo (100) y el segundo nodo (120) comprendidos en un sistema de comunicación inalámbrica (110), comprendiendo la disposición de segundo nodo (700):

5 una unidad de recepción (710) configurada para recibir una transmisión correspondiente a al menos una corriente de símbolos sobre un canal inalámbrico transportado desde el primer nodo (100), al menos una corriente de símbolos que se pre-codifica con una matriz de pre-codificación que tiene una estructura de producto, en la que la estructura de producto se puede descomponer en una matriz de diagonal de bloques que se multiplica desde la izquierda con una matriz unitaria de diagonalización de bloques; y

10 una unidad de demodulación de decodificación (172) configurada para demodular la al menos una corriente de símbolos.

18. La disposición de acuerdo con la reivindicación 17, en la que la matriz de pre-codificación comprende elementos y en la que cada elemento en la matriz de pre-codificación tiene la misma magnitud.



Fig. 1

110

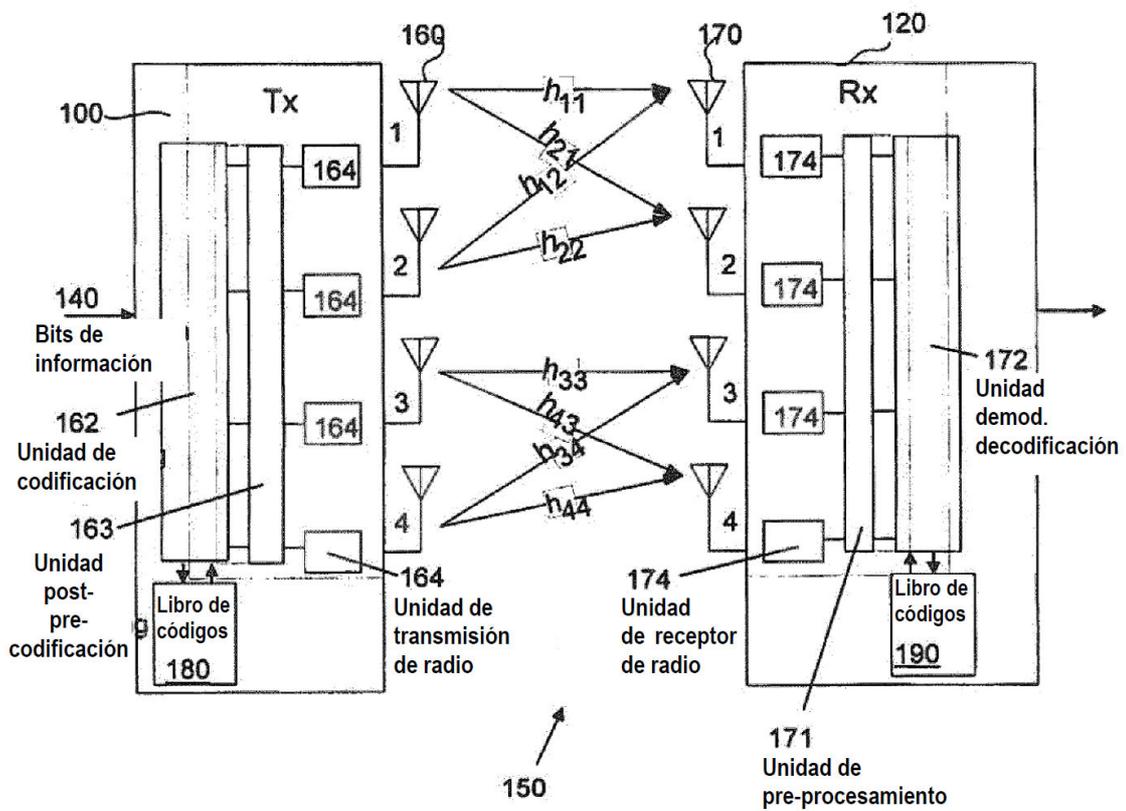


Fig. 2

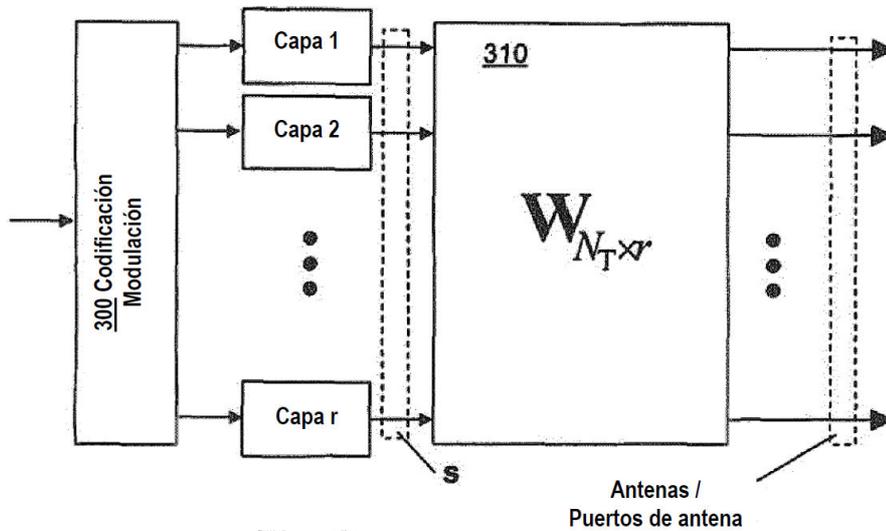


Fig. 3

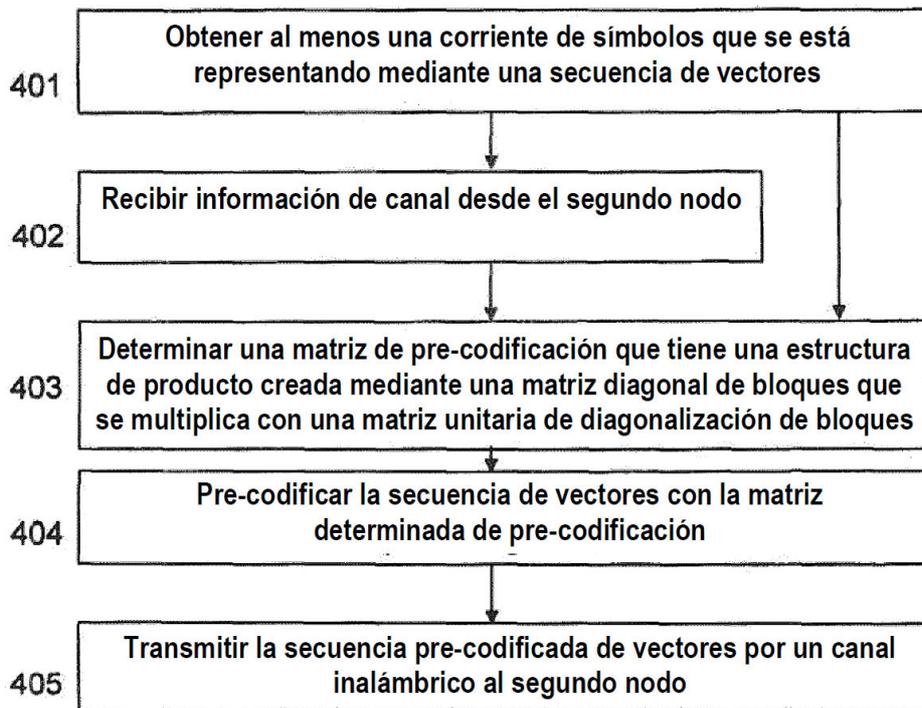


Fig. 4

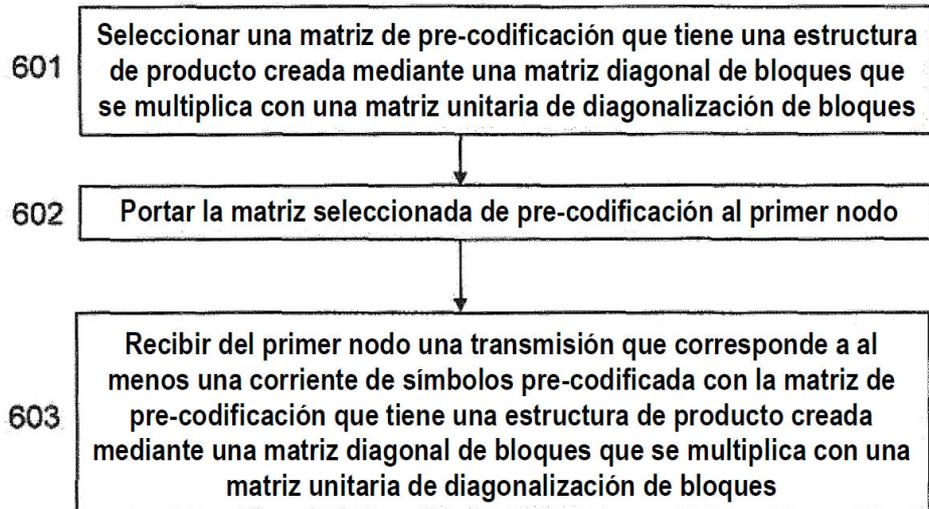
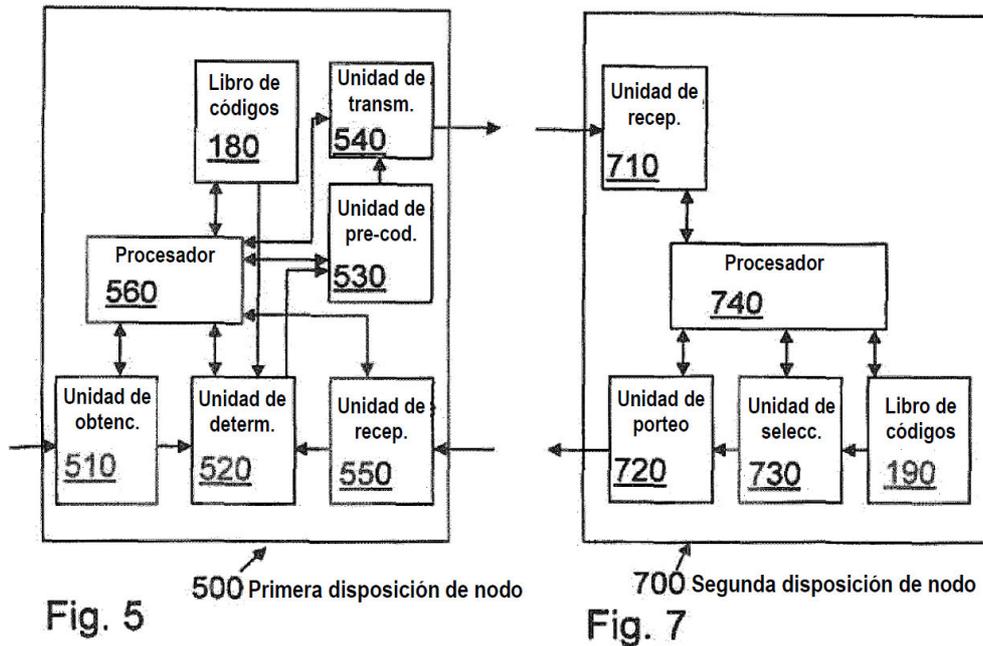


Fig. 6