

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 616 329**

51 Int. Cl.:

**H04B 7/06** (2006.01)

**H04B 7/04** (2006.01)

**H04B 7/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.12.2007 PCT/SE2007/051070**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.07.2008 WO08085107**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2007 E 07861165 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.12.2016 EP 2103001**

54 Título: **Método para precodificar que usa una matriz diagonal de bloques**

30 Prioridad:

**12.01.2007 SE 0700065**

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

**12.06.2017**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**JÖNGREN, GEORGE y  
GÖRANSSON, BO**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 616 329 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 para precodificar que usa una matriz diagonal de bloques

**Campo de la técnica**

5 La presente invención se relaciona con un método y una disposición en un primer nodo y un método y una disposición en un segundo nodo. En particular, se relaciona con la adaptación de una transmisión multi-antena desde el primer nodo al segundo nodo sobre un canal efectivo.

**Antecedentes**

10 El uso de múltiples antenas en un transmisor y/o un receptor de un nodo en un sistema de comunicación inalámbrico puede impulsar significativamente la capacidad y cobertura del sistema de comunicación inalámbrico. Dichos sistemas de Múltiple Entrada Múltiple Salida (MIMO) aprovechan la dimensión espacial del canal de comunicación para mejorar el rendimiento mediante por ejemplo la transmisión de varias señales portadoras de información paralelas, la así llamada multiplexación espacial. Mediante la adaptación de la transmisión a las condiciones del canal actuales, se pueden lograr ganancias adicionales significativas. Una forma de adaptación es ajustar dinámicamente, desde un Intervalo de Tiempo de Transmisión (TTI) a otro, el número de señales portadoras de información transmitidas simultáneamente a las que el canal puede soportar. Esto es comúnmente referido como adaptación del rango de transmisión. La precodificación es otra forma relacionada de adaptación donde las fases y amplitudes de las ya mencionadas señales son ajustadas para encajar mejor en las propiedades del canal actual. La clásica conformación del haz es un caso especial de precodificación en la que la fase de una señal portadora de información es ajustada en cada antena transmisora para que todas las señales transmitidas sumen constructivamente en el receptor.

25 Las señales forman una señal de valor vectorial y se puede pensar el ajuste como una multiplicación por una matriz precodificadora. La matriz precodificadora es elegida basándose en la información sobre las propiedades del canal. Un enfoque común es seleccionar la matriz precodificadora desde un conjunto finito y contable, un así llamado libro de códigos. Dicho libro de códigos basado en la precodificación es una parte integral del estándar LTE Evolución a Largo Plazo y será soportado en MIMO también para el Acceso de Paquetes de Enlace Descendente de Alta Velocidad (HSDPA) en el Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha (WCDMA). El receptor (por ejemplo, el Equipo de Usuario UE) normalmente evaluaría entonces todas las diferentes matrices precodificadoras en el libro de códigos y la señal para el transmisor (por ejemplo el Nodo B) cuyo elemento es preferido. El transmisor usaría entonces la información señalada, cuando decida qué matriz precodificadora aplicar. Ya que los índices del libro de códigos necesitan ser señalados y el receptor necesita seleccionar un elemento del libro de códigos adecuado, es importante mantener el tamaño del libro de códigos tan pequeño como sea posible. Por otro lado, los libros de códigos más grandes aseguran que sea posible encontrar una entrada que se corresponda más estrechamente con las condiciones del canal actuales.

35 La precodificación basada en el libro de códigos se puede ver como una forma de cuantificación del canal. Alternativamente, se pueden usar métodos que calculen la matriz precodificadora sin recurrir a la cuantificación.

El objetivo fundamente del diseño del libro de códigos del precodificador es mantener el tamaño del libro de códigos pequeño mientras aún se logra un rendimiento tan alto como sea posible. El diseño de los elementos del libro de códigos se convierte así en crucial para lograr el rendimiento pretendido.

40 Las diferentes configuraciones de los conjuntos de antenas influyen en cómo podrían ser diseñados los elementos del libro de códigos. Muchas soluciones existentes se diseñan con el desvanecimiento espacial de canal no correlacionado en mente y donde cada coeficiente del canal se desvanece con la misma potencia media. Sin embargo, tal modelo de canal no es suficientemente preciso cuando se usan conjuntos de antenas con polarización cruzada. Por consiguiente, los diseños existentes son inadecuados para tal configuración – una configuración de antena que es considerada importante en la práctica.

45 Para entender por qué los diseños existentes adaptados para iguales coeficientes de potencia del canal no son eficientes para configurar un conjunto de antenas con polarización cruzada, considere por simplicidad un sistema MIMO de 2x2 en el que tanto el transmisor como el receptor usan conjuntos con polarización cruzada y las dos polarizaciones ortogonales se alinean en el lado del transmisor y del receptor, por ejemplo un par de antenas polarizadas verticalmente y horizontalmente en ambos lados del enlace. La matriz del canal MIMO será entonces diagonalmente fuerte, lo que significa que los elementos en la diagonal de media tienen sustancialmente más potencia que aquellos fuera de la diagonal, ya que las polarizaciones vertical y horizontal están de media bastante separadas incluso después de experimentar el canal de radio y alcanzar el receptor. Para tal canal, un libro de códigos apropiado de tamaño mínimo contiene los vectores unitarios y la matriz de identidad. Esto asegura que cuando una transmisión de un flujo (transmisión de rango uno) se realiza, toda la potencia de transmisión se puede asignar a la antena con el canal fuerte y no se desperdicia potencia en la otra antena, que de media no será capaz de transportar potencia significativa al receptor. La razón para lo último es por la configuración de polarización cruzada en conjunción con la selección de la transmisión de rango-uno, lo que significa que la matriz del canal

normalmente tendrá sólo un elemento con una potencia sustancialmente mayor que cero y que ese elemento estará en la diagonal.

5 Toda la potencia se debería asignar por lo tanto a la antena que corresponda al ya mencionado elemento distinto de cero de la diagonal. Para un diseño que se dirige a un escenario con coeficientes de canal de igual potencia, sin embargo este no es normalmente el caso. Los diseños de libros de códigos existentes sin embargo no abordan este problema para el caso de más de dos antenas y tampoco consideran la estructura del libro de códigos para varios rangos de transmisión.

10 El documento WO 2006/049417 describe una matriz de precodificación que incluye una pluralidad de sub-matrices dispuestas en un formato diagonal de bloque para permitir una transmisión más eficiente de la matriz de precodificación y para ahorrar memoria usada para almacenar la matriz de precodificación. Por consiguiente, la memoria usada para almacenar el libro de códigos puede ser minimizada y también menos recursos usados para transmitir la retroalimentación en la matriz de precodificación, cuando se indicasen los índices de los elementos de las sub-matrices en la retroalimentación.

### Compendio

15 El problema objetivo es proporcionar un mecanismo para mejorar el rendimiento de un enlace por radio cuando el canal efectivo es intencionalmente de una estructura diagonal de bloque.

20 Según un primer aspecto de la presente invención, el objeto se logra mediante un método en un primer nodo para adaptar la transmisión multi-antena a un segundo nodo sobre un canal efectivo. El canal efectivo tiene múltiples entradas y al menos una salida. El primer nodo y el segundo nodo están comprendidos en un sistema de comunicación inalámbrico. El método comprende los pasos de obtención de al menos un flujo de símbolos, y de determinación de una matriz de precodificación que tiene una estructura diagonal de bloque, El método comprende además los pasos de precodificación del al menos un flujo de símbolos con la matriz de precodificación determinada, y de transmisión del al menos un flujo de símbolos precodificados sobre el canal efectivo hasta el segundo nodo.

25 Según un segundo aspecto de la presente invención, el objeto se logra mediante un método en un segundo nodo para asistir al primer nodo en la adaptación de una transmisión multi-antena desde el primer nodo hasta el segundo nodo sobre un canal efectivo. El canal efectivo tiene múltiples entradas y al menos una salida. El primer nodo y el segundo nodo están comprendidos en un sistema de comunicación inalámbrico. El método comprende los pasos de selección de una matriz de precodificación que tiene una estructura diagonal de bloque y el transporte de la matriz de precodificación seleccionada hasta el primer nodo. El método comprende además los pasos de recepción de al menos un flujo de símbolos precodificados sobre el canal efectivo transportado desde el primer nodo. El al menos un flujo de símbolos recibido se precodifica con la matriz de precodificación determinada en el primer nodo.

30 Según un tercer aspecto de la presente invención, el objeto se logra mediante una disposición en un primer nodo. El primer nodo se dispone para adaptar una transmisión multi-antena hasta un segundo nodo sobre un canal efectivo. El canal efectivo tiene múltiples entradas y al menos una salida. El primer nodo y el segundo nodo están comprendidos en un sistema de comunicación inalámbrico. La disposición del primer nodo comprende una unidad de obtención configurada para obtener al menos un flujo de símbolos, y una unidad de determinación configurada para determinar una matriz de precodificación que tiene una estructura diagonal de bloque. La disposición del primer nodo comprende además una unidad de precodificación configurada para precodificar el al menos un flujo de símbolos con la matriz de precodificación determinada y una unidad de transmisión configurada para transmitir el al menos un flujo de símbolos sobre el canal efectivo hasta el segundo nodo.

35 Según un cuarto aspecto de la presente invención, el objeto se logra mediante una disposición en un segundo nodo. El segundo nodo se dispone para recibir una transmisión multi-antena desde un primer nodo sobre un canal efectivo. El canal efectivo tiene múltiples entradas y al menos una salida. El primer nodo y el segundo nodo están comprendidos en un sistema de comunicación inalámbrico. La disposición del segundo nodo comprende una unidad de selección configurada para seleccionar una matriz de precodificación que tiene una estructura diagonal de bloque, y una unidad transportadora configurada para transportar la matriz de precodificación seleccionada hasta el primer nodo. La segunda disposición de nodo además comprende una unidad de recepción configurada para recibir al menos un flujo de símbolos precodificados sobre el canal efectivo transmitido desde el primer nodo. El al menos un flujo de símbolos recibido se precodifica con la matriz de precodificación determinada en el primer nodo.

50 La ventaja de usar una matriz de precodificación que tiene una estructura diagonal de bloque para precodificar es que cuando la matriz del canal efectivo es diagonal de bloque, el uso de la matriz de precodificación que tiene una estructura diagonal de bloque adapta la transmisión a la matriz del canal efectivo diagonal de bloque, lo que implica que se mejora el rendimiento del enlace de radio.

55 Las ventajas de la presente invención comprenden el aumento del rendimiento del sistema tal como por ejemplo la tasa de bit o la cobertura, en un tamaño de libro de códigos fijo o, alternativamente, la disminución del tamaño del libro de códigos y la así reducción de la sobrecarga de señalización y complejidad de la selección de la matriz del precodificador. La presencia de elementos cero en las matrices del precodificador puede ayudar también en la reducción de la complejidad incluso más cuando se realiza la selección del precodificador. Dichos diseños del

precodificador diagonal de bloque hacen aumentar el rendimiento cuando las configuraciones de antena con polarización cruzada están presentes.

**Breve descripción de los dibujos**

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

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.

10 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 disposición de un primer nodo

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

15 La Figura 7 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra realizaciones de una disposición de un segundo nodo.

**Descripción detallada**

La invención se define como un método y una disposición que pueden ser puestas en práctica en las realizaciones descritas a continuación.

20 La Figura 1 representa un primer nodo 100 en un sistema 110 de comunicación inalámbrico. El sistema 110 de comunicación inalámbrico puede ser un sistema celular y/o un sistema tal como por ejemplo de Evolución a Largo Plazo (LTE), Acceso por Radio Terrestre Universal Evolucionado (E-UTRA), Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas (WiMAX), Acceso por Radio Terrestre Universal (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 use tecnologías que realizan una adaptación entre las diferentes formas de transmisión y usa  
25 múltiples antenas. El primer nodo 100 se dispone para comunicarse con un segundo nodo 120 en el sistema 110 de comunicación inalámbrico sobre un canal efectivo 130. El canal efectivo normalmente no solo comprende un canal de radio multi-antena físico. Éste puede también comprender partes de la Frecuencia de Radio (RF) y partes de banda base en el primer nodo 100 y el segundo nodo 120 tales como filtros de transmisión y recepción, cables de alimentación, respuestas de antena y varios filtros analógicos y digitales en el procesamiento de banda base. Se  
30 puede usar un filtro MIMO lineal e invariante en el tiempo para modelar la relación entrada-salida del canal efectivo. Para las transmisiones suficientemente de banda estrecha, se puede usar una matriz única para describir el filtro. Dicha descripción de la matriz del canal también se mantiene para modelar el canal sobre una subportadora, (o varias subportadoras tan extensas como para que ellas abarquen un ancho de banda que es pequeño comparado con el ancho de banda de coherencia del canal) en un sistema de Multiplexación por División de Frecuencias  
35 Ortogonales (OFDM) tal como por ejemplo LTE. El primer nodo 100 puede ser cualquier tipo de estación base tal como por ejemplo un NodoB 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), un portátil. Puede ser también al revés, que el primer nodo 100 pueda ser un UE tal como un teléfono móvil, un Asistente Digital Personal (PDA) y el segundo nodo 120 pueda ser cualquier tipo de estación base tal como por ejemplo un NodoB. En el ejemplo de la Figura 1, el primer  
40 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 arbitrariamente dispositivos inalámbricos en comunicación entre ellos sin ningún ordenamiento jerárquico particular.

El primer nodo 100 usa un sistema de múltiples antenas, esto es, usa múltiples antenas para su transmisión al  
45 segundo nodo 120. El segundo nodo 120 puede usar también un sistema de múltiples antenas para la recepción de la transmisión del primer nodo. Esto es así un sistema MIMO, que incluye el caso especial de solo una antena de recepción. La Figura 2 ilustra algunas realizaciones en donde el primer nodo 100 y un segundo nodo 120 están cada uno usando un sistema de múltiples antenas que comprende cuatro antenas. Referente a la Figura 2, el primer nodo 100 obtiene una señal 140 portadora de información que se representa por una secuencia de bits de información, cuya información debe ser transportada al segundo nodo 120 sobre el canal efectivo 130. La Figura 2 ilustra  
50 esquemáticamente el primer nodo 100 como siendo el nodo transmisor (Tx) y al segundo nodo 120 como siendo el nodo receptor (Rx), el primer nodo 100 y el segundo nodo 120 pueden usar un sistema 150 de múltiples antenas, 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 receptoras.

En el ejemplo de la Figura 2, el primer nodo 100 comprende una unidad 162 de codificación, una unidad 163 de post precodificación y cuatro unidades 164 transmisoras por radio. La unidad 162 de codificación se dispone para recibir la señal 140 portadora de información a ser transmitida. La unidad 162 de codificación se puede disponer además para posiblemente demultiplexar los bits de información en una o varias secuencias de bits de información, codificar estas secuencias de bits de información usando algún código de canal (por ejemplo el código turbo, el código LDPC, el código convolucional), modular los bits codificados para producir símbolos, corresponder los símbolos a una secuencia de vectores de símbolos portadores de información y precodificar los vectores de símbolos portadores de información y finalmente remitir el resultado a una posible unidad 163 de post precodificación. La unidad post precodificadora puede en el más simple de los casos sólo remitir la señal precodificada o puede procesarla de alguna manera, por ejemplo realizar un filtrado digital en banda base, antes de dar salida a las señales posiblemente procesadas para la transmisión que utilizan las unidades 164 transmisoras por radio, que usan las respectivas antenas transmisoras 160 1, 2, 3 y 4 para transmitir la señal precodificada al segundo nodo 120. Es apreciado 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 SDMA, precodificación SDMA, MIMO, precodificación MIMO, y/o MIMO-SDMA.

En el ejemplo de la Figura 2, el segundo nodo 120 comprende una unidad 171 de pre procesamiento, una unidad 172 de demodulación de decodificación y cuatro unidades 174 receptoras de radio. El segundo nodo se dispone para recibir desde el primer nodo 100, la señal precodificada mediante las antenas receptoras 170 1, 2, 3 y 4, la unidad 171 de pre procesamiento y las unidades 174 receptoras de radio. La unidad 171 de pre procesamiento puede implementar varios pasos de procesamiento que no son dependientes de que matriz de precodificación esté siendo usada para la transmisión, por ejemplo puede realizar un filtrado en banda base o simplemente remitir las señales sin alterar a la unidad 172 de demodulación de decodificación. En el último caso, alternativamente la unidad 171 de pre procesamiento se puede considerar a no estar presente. La unidad 172 de demodulación de decodificación se puede disponer para recibir la señal codificada desde la unidad 171 de pre procesamiento. La unidad 172 de demodulación de decodificación se puede además disponer para demodular la señal codificada a los bits de datos. Es apreciado que las funciones básicas del receptor son bien conocidas por una persona experta y no se describen en detalle en esta memoria.

Debería notarse también que tanto el receptor en el segundo nodo 120 como el transmisor en el primer nodo 100 pueden alterar el modo de operación funcionando como transmisor y receptor, respectivamente.

### Precodificación

Como ya se indicó, la unidad 162 de codificación en el primer nodo 100 se puede subdividir además en dos partes, correspondientes a una unidad 300 codificadora y de modulación y una unidad 310 de precodificación, tal como por ejemplo un precodificador. Un ejemplo de una unidad 300 codificadora y de modulación y una unidad 310 de precodificación se representa en la Figura 3. La unidad codificadora y de modulación toma los bits de información como entrada y produce una secuencia de vectores de símbolos portadores de la información, esto es, una señal portadora de información de valor vectorial como salida. Los vectores de símbolos portadores de información pueden ser vistos como uno o varios flujos de símbolos en paralelo donde cada elemento de cada vector  $\mathbf{s}$  pertenece así a un cierto flujo de símbolos. Los diferentes flujos de símbolos son referidos comúnmente como capas y en cualquier momento dado hay  $r$  diferentes de dichas capas correspondientes a un rango de transmisión de  $r$ . Así, la señal a ser transmitida al segundo nodo 120 sobre el canal efectivo 130 comprende al menos un flujo de símbolos (o capa). Los símbolos  $r$  en un vector particular  $r \times 1$  de símbolos portadores de información  $\mathbf{s}$  son posteriormente multiplicados por una matriz  $N_T \times r$  precodificadora  $\mathbf{W}_{N_T \times r}$  donde  $N_T$  denota el número de entradas (por ejemplo el número de antenas transmisoras, el número de puertos de antena, etc) del canal efectivo. Por lo tanto, la operación precodificadora mencionada remite la salida que resulta a la unidad 163 de post procesamiento y la unidad 163 de post procesamiento puede así ser considerada para ser parte del canal efectivo. El primer nodo 100 determina una matriz precodificadora que tiene una estructura diagonal de bloque que será más descrita más adelante. Esto se puede realizar eligiendo una matriz de precodificación para hacer coincidir las características del canal efectivo, esto es, para hacer coincidir una matriz  $N_R \times N_T$  MIMO de canal efectivo. La matriz  $\mathbf{W}_{N_T \times r}$  precodificadora puede depender así del valor del canal efectivo  $\mathbf{H}$ . Los  $r$  símbolos portadores de información en  $\mathbf{s}$  son normalmente de valor complejo. El soporte de la adaptación de rango permite al número de flujos de símbolos transmitidos simultáneamente,  $r$ , ser fijado para adecuar las características del actual canal. Después de la precodificación, las señales se transportan sobre el canal efectivo  $\mathbf{H}$  y se reciben por un conjunto de antenas con  $N_R$  elementos. El receptor posiblemente procesa las señales mediante la unidad de pre procesamiento 171. Ni la unidad 163 de post procesamiento ni la unidad 171 de pre procesamiento introducen normalmente procesamiento en el dominio espacial que dependa de las condiciones instantáneas del canal como el determinado por el desvanecimiento rápido introducido por el canal físico. La recogida de las señales en un vector  $\mathbf{y}$   $N_R \times 1$  y considerando las señales sobre un ancho de banda suficientemente estrecho, comparado con el ancho de banda de coherencia del canal efectivo, da el modelo:

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

donde  $\mathbf{e}$  se modela generalmente como un vector de ruido obtenido como realizaciones de algún proceso aleatorio y donde la salida del canal efectivo así se corresponde a la salida de la unidad 171 de pre procesamiento (la última

que puede ser transparente). Este modelo obviamente también se mantiene para sistemas OFDM (por ejemplo LTE, WiMaX etc) donde normalmente se puede aplicar en base a una subportadora.

Matriz del canal efectivo, H

5 Referente de nuevo a la Figura 2 el primer nodo 100 comprende un sistema multi-antena donde al menos una  
 10 antena emite ondas de radio en una cierta dirección de polarización y al menos otra antena emite energía en la  
 dirección de polarización ortogonal. Tal configuración de antena con polarización dual, o cruzada, puede contener  
 así un grupo de antenas co-polarizadas y otro grupo de antenas co-polarizadas polarizadas ortogonalmente en  
 15 relación al primer grupo. La “co-polarización” significa que las antenas están transmitiendo con la misma  
 polarización. Bajo las condiciones ideales de línea de visión, asumiendo respuestas de antenas ideales y una  
 configuración similar de la antena con polarización dual en el lado receptor, la configuración de la antena con  
 polarización cruzada resulta en una matriz del canal efectivo diagonal de bloque, que además más explicada más  
 adelante. En el ejemplo de la Figura 2, las dos primeras antenas transmisoras 160, 1 y 2, están polarizadas  
 20 horizontalmente y las dos restantes, 3 y 4, están polarizadas verticalmente. Las antenas co-polarizadas en el  
 conjunto transmisor se pueden espaciar suficientemente lejos para que el desvanecimiento esté prácticamente no  
 correlacionado. Como se mencionó anteriormente, el canal efectivo se puede modelar usando una matriz del canal  
 efectivo. Sin pérdida de generalidad, mediante la apropiada reordenación de los elementos de las antenas  
 25 transmisoras y receptoras, la matriz **H** del canal efectivo 4x4, entonces tiende a tener la estructura diagonal de bloque  
 según:

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

20 Con tal matriz del canal efectivo diagonal de bloque, las señales transmitidas en la antenas 160 1 y 2 en el primer  
 nodo 100, no alcanzan las antenas receptoras 170 3 y 4, y, correspondientemente, las señales desde las antenas  
 transmisoras 160 3 y 4 no alcanzan las antenas receptoras 170 1 y 2. Esto implica, como se representa en la Figura  
 2, para las dos primeras antenas transmisoras 160, 1 y 2 que son horizontalmente polarizadas que el coeficiente  $h_{11}$   
 25 de canal de valor complejo representa el canal efectivo que implica el canal físico entre la antena transmisora 160 1  
 y la antena receptora 170 1,

el coeficiente  $h_{12}$  de canal de valor complejo representa el canal efectivo que implica el canal físico entre la antena  
 transmisora 160 2 y la antena receptora 170 1,

el coeficiente  $h_{21}$  de canal de valor complejo representa el canal efectivo que implica el canal físico entre la antena  
 transmisora 160 1 y la antena receptora 170 2,

30 el coeficiente  $h_{22}$  de canal de valor complejo representa el canal efectivo que implica el canal físico entre la antena  
 transmisora 160 2 y la antena receptora 170 2.

Esto además implica, como se representa en la Figura 2, para las dos antenas 160, 3 y 4 restantes que son  
 verticalmente polarizadas que

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

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

40 el coeficiente  $h_{43}$  de canal de valor complejo representa el canal efectivo que implica el canal físico entre la antena  
 transmisora 160 3 y la antena receptora 170 4, y el coeficiente  $h_{44}$  de canal de valor complejo representa el canal  
 efectivo que implica el canal físico entre la antena transmisora 160 4 y la antena receptora 170 4,

El significado general de una matriz del canal efectivo diagonal de bloque es que tienda a tener la estructura

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

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

en  $\tilde{M}_k \times \tilde{L}_k$  bloques  $\mathbf{H}_{\tilde{M}_k \times \tilde{L}_k}^{(k)}$ ,  $k=1, 2, \dots, K$  en la diagonal de posiblemente tamaños variables. El canal efectivo se define para ser diagonal de bloque si se pueden reorganizar por medio de las apropiadas permutaciones de fila y columna para tener una forma como la anterior tal que las potencias medias (como la promediada sobre un periodo

de tiempo suficientemente largo para que el desvanecimiento rápido sea promediado) de los coeficientes del canal en los bloques  $\mathbf{Z}_{\tilde{M}_k \times \tilde{L}_l}$  fuera de la diagonal son significativamente menores que las potencias medias de los coeficientes del canal en los bloques  $\mathbf{H}_{\tilde{M}_k \times \tilde{L}_k}^{(k)}$ , en la diagonal. Dicha potencia significativamente más baja ocurriría por ejemplo si una configuración de antena con polarización cruzada se usa en el primer nodo 100 y una configuración de antena con polarización cruzada similar se usa en el segundo nodo 120. La diferencia en la potencia media entre los coeficientes del canal en la diagonal de bloque y fuera de la diagonal de bloque es a menudo, dependiendo del escenario de propagación, alrededor de 6 dB o sustancialmente mayor. Incluso si la configuración de antena usada en el segundo nodo 120 no es exactamente con polarización cruzada, las diferencias de potencias pueden aún ser significantes. El canal efectivo se refiere como una *intencionalmente diagonal de bloque* si la configuración de la antena se dispone tal que es posible obtener un canal efectivo diagonal de bloque como se definió anteriormente sin usar ningún procesamiento en la unidad 163 de post precodificación y la unidad 171 de pre procesamiento que siga las propiedades espaciales instantáneas (esto es las propiedades introducidas por el desvanecimiento rápido) de los canales físicos. Un ejemplo de cuando en el canal efectivo surge dicha intencionalmente diagonal de bloque fue dado previamente en esta memoria para el caso 4x4, donde dos antenas polarizadas horizontalmente y dos verticalmente fueron usadas para la transmisión en el primer nodo y similarmente para la correspondiente recepción en el segundo nodo y donde la unidad 163 de precodificación y la unidad 171 de pre procesamiento son ambas transparentes.

Matriz de precodificación que tiene una estructura diagonal de bloque

El primer nodo 100 determina una matriz de precodificación que tiene una estructura diagonal de bloque. La matriz de precodificación determinada es para ser usada para precodificar el al menos un flujo de símbolos (esto es, una o más capas) a ser transmitidas al segundo nodo 120. La determinación se puede realizar mediante la elección de la matriz de precodificación para hacer corresponder las características del canal efectivo modelado como la matriz H de canal efectivo. La ventaja de usar una matriz de precodificación que tiene una estructura diagonal de bloque para precodificar es que cuando la matriz del canal efectivo es diagonal de bloque, el uso de la matriz de precodificación que tiene una estructura diagonal de bloque adapta la transmisión a la matriz del canal efectivo diagonal de bloque. También funciona bien usar una matriz de precodificación que tiene una estructura diagonal de bloque en los casos cuando la matriz del canal efectivo no es diagonal de bloque, sin embargo el rendimiento podría ser mejor con otra estructura precodificadora. En cualquier caso, para estos últimos casos, la transmisión se adaptará a la matriz del canal efectivo no diagonal de bloque.

Libro de códigos

En algunas realizaciones el primer nodo 100 comprende un libro de códigos 180. En algunas realizaciones el segundo nodo 120 comprende un libro de códigos 190. El primer nodo 100 puede realizar la determinación mediante la selección de la matriz de precodificación que tiene una estructura diagonal de bloque desde un libro de códigos comprendido en el primer nodo 100 o recibir desde el segundo nodo 120 una matriz de precodificación recomendada que tiene una estructura diagonal de bloque desde un libro de códigos comprendido en el segundo nodo 120. El libro de códigos 180, 190 comprende matrices de precodificación donde cada matriz de precodificación se puede corresponder con múltiples modos de transmisión diferentes o formas de procesamiento espacial, por ejemplo, la precodificación dependiente del canal, la precodificación MIMO, SDMA, SDMA con precodificación, MIMO-SDMA, etc. Dicha información puede ser predefinida. Además el libro de códigos 180, 190 puede además de precodificar matrices/vectores comprender muchos otros parámetros tales como, rangos de transmisión, elecciones de modulación, tamaños de bloque de transporte, potencias y/o códigos de canalización etc. En algunas realizaciones el libro de códigos comprende un precodificador donde el rango de transmisión está implícitamente dado por el tamaño de la matriz precodificadora. El libro de códigos 180, 190 es adecuado para una matriz del canal efectivo diagonal de bloque en la que el libro de códigos 180, 190 comprende una o más matrices de precodificación que tienen una estructura diagonal de bloque. Dicha matriz del canal diagonal de bloque puede por ejemplo surgir en una configuración de antena donde tanto el primer nodo 100 como el segundo nodo 120 estén equipados con antenas con polarización cruzada, y en particular si las polarizaciones de las antenas se orientan verticalmente u horizontalmente como se mencionó anteriormente. El libro de códigos 180, 190 puede además comprender matrices de precodificación que tienen una estructura no diagonal de bloque, Sin embargo, según el presente método, el primer nodo 100 o el segundo nodo es libre de seleccionar una matriz de precodificación que tenga una estructura diagonal de bloque del libro de códigos. En algunas realizaciones el libro de códigos se diseña tal que no desperdicia matrices de precodificación, también llamadas elementos del libro de códigos, en cuantificar coeficientes de canal que son cero (en la práctica serán distintos de cero o relativamente pequeños en comparación con los coeficientes de canal en la diagonal de bloque) y, para algunos rangos de transmisión, no desperdicia potencia de transmisión en los elementos cercanos a cero.

Los libros de códigos 180 y 190 se pueden conocer a priori por tanto el primer nodo 100 como el segundo nodo 120. 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 será también en cierto sentido diagonal de bloque. Un ejemplo de dicho libro de códigos C diagonal de bloque se da en la Tabla 1.

5 **Tabla 1:** Ejemplo de un libro de códigos C con matrices precodificadoras que tienen una estructura diagonal de bloque

| Rango de Tx $r$ | Libro de códigos por Rango  |
|-----------------|---|
| 1               | $\begin{bmatrix} v_l \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, l = 0, \dots, 5, \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ v_{l'} \end{bmatrix}, l' = 0, \dots, 5,$ <p>donde</p> $v_l \in \left\{ \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ \exp(j2\pi k / 4) \end{bmatrix}, k = 0, \dots, 3 \right\}$ |
| 2               | $\begin{bmatrix} v_l & 0 \\ & 0 \\ 0 & v_{l'} \\ 0 & \end{bmatrix}, l = 0, \dots, 5, l' = 0, \dots, 5$  |
| 3               | $\begin{bmatrix} v_l & 0 & 0 \\ & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, l = 0, \dots, 5, \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & v_{l'} \\ 0 & 0 & \end{bmatrix}, l' = 0, \dots, 5$  |
| 4               | $\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$  |

10 Como se ve en la Tabla 1, hay matrices precodificadoras separadas para cada uno de los cuatro posibles rangos de transmisión (Rango de TX)  $r$ . En la Tabla 1,  $v_l$  puede pertenecer por ejemplo al conjunto de vectores presentados bajo el rango de la fila uno y como se ve contienen cuatro vectores adecuados para la conformación del haz (los cuatro últimos en el conjunto).

15 La Tabla 1 se relaciona con una estructura de libro de códigos adecuada para un canal MIMO eficaz diagonal de bloque, que puede por ejemplo surgir cuando dos pares de antenas con polarización cruzada separadas espacialmente (una gran distancia entre pares, más optimizaciones se pueden hacer si la distancia es pequeña) se usan tanto en el primer nodo 100 como en el segundo nodo 120 en conjunción con por ejemplo un tipo de transmisión MIMO de Usuario Único (SU-MIMO). MIMO de Multi usuario (MU-MIMO) es también posible obviamente ya que varios enlaces individuales en MU-MIMO pueden ser vistos en esta memoria juntos para este propósito como un enlace MIMO único. Por simplicidad de notación, la escala de las matrices, necesarias para mantener la potencia de transmisión constante independientemente de la matriz de precodificación seleccionada, ha sido  
20 intencionadamente dejada fuera de la tabla.

Así una matriz precodificadora  $\mathbf{W}_{NT \times r}$ , para usar para la transmisión se selecciona entre las matrices dadas en el libro de códigos ejemplificado C. Debería notarse que esencialmente es la colocación de los ceros en el libro de códigos lo que es la parte importante de la estructura. Una matriz  $\mathbf{W}_{NT \times r}$  precodificadora diagonal de bloque, se puede escribir en general como

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

donde como se ve sólo los  $M_k \times L_k$  bloques  $\mathbf{W}_{M_k \times L_k}^{(k)}$ ,  $k = 1, 2, \dots, K$  de tamaños posiblemente variables en la diagonal (en el dominio de bloque) pueden contener elementos distintos de cero. Una matriz precodificadora se considera diagonal de bloque si sus columnas y filas se pueden permutar para alcanzar la forma anterior. El caso del rango tres en la Tabla 1 muestra un ejemplo donde las seis primeras matrices precodificadoras tienen la estructura

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

Y así los tamaños de bloque varían para soportar la adaptación del rango que en este caso dicta tres columnas en las matrices precodificadoras. Nótese también que un bloque puede ser de un tamaño  $1 \times 1$ . Así, también puede considerarse la matriz identidad para el rango 4 para tener una estructura diagonal de bloque.

10 Considerando los valores exactos de los elementos distintos de cero, una posibilidad es diseñar y/o seleccionar el precodificador independientemente en las dos polarizaciones pero una selección de diseño conjunto puede ser ventajosa (sólo como la cuantificación de vector es mejor que la cuantificación escalar o un algoritmo que intenta resolver conjuntamente múltiples problemas conectados tiene el potencial para hacerlo mejor que la resolución separada de los diferentes problemas). Debería notarse que la estructura diagonal de bloque del canal efectivo  
 15 intencionalmente diagonal de bloque lleva a una estructura diagonal de bloque de las matrices precodificadoras de alguna forma similar – similar en el sentido de que el número de filas  $M_k$  en cada bloque  $\mathbf{W}_{M_k \times L_k}^{(k)}$  de la matriz precodificadora iguala el número de columnas  $L_k$  en el correspondiente bloque  $\mathbf{H}_{M_k \times L_k}^{(1)}$  del intencionalmente canal efectivo diagonal de bloque, mientras que el número de columnas  $L_k$  puede ser diferente como se ejemplificó anteriormente para el rango tres. Debería notarse también que los elementos del precodificador en el libro de  
 20 códigos varían de un rango de transmisión a otro.

Esta estructura de precodificador diagonal de bloque se generaliza fácilmente a cualquier número de antenas transmisoras y receptoras como se ilustró anteriormente y es adecuada para las matrices de canal efectivo intencionalmente diagonales de bloque, que pueden surgir por ejemplo cuando las antenas en el transmisor se pueden agrupar en conjuntos co-polarizados o con polarización cruzada (por ejemplo polarizaciones horizontales y  
 25 verticales) y similarmente para el receptor. Las permutaciones de las filas y columnas de las matrices precodificadoras no deberían ser vistas como una estructura diferente sólo como la reordenación de las antenas o de las capas que se puede hacer sin pérdida de generalidad. Cualquier sistema cuya matriz del canal efectivo se pueda escribir en forma de diagonal de bloque puede beneficiarse de dicha estructura de libro de códigos. Un libro de códigos puede contener también elementos precodificadores adicionales que no son diagonales de bloque. Esto  
 30 puede ser beneficioso para hacer corresponder el precodificador a las realizaciones del canal efectivo que por ejemplo momentáneamente están bastante lejos de ser diagonales de bloque.

Los pasos del método en el primer nodo 100 para adaptar una transmisión multi-antena al segundo nodo 120 sobre un canal efectivo según alguna realización se describirán ahora con referencia a un diagrama de flujo representado en la Figura 4. El canal efectivo tiene múltiples entradas y al menos una salida que se corresponde con por ejemplo  
 35 las múltiples antenas transmisoras en el primer nodo 100 y con al menos una antena receptora en el segundo nodo 120. Como es evidente del modelo de datos descrito anteriormente, el canal efectivo  $\mathbf{H}$  comprende no sólo el canal físico sino también los efectos de cualquier procesamiento adicional posterior a la operación del precodificador en el transmisor del primer nodo 100, por ejemplo los filtros de transmisión. Similarmente, el canal efectivo puede también incluir partes del receptor en el segundo nodo 120, por ejemplo, los filtros de recepción. En algunas realizaciones la  
 40 transmisión se adapta a un canal efectivo diagonal de bloque, El método es aplicable para adaptar transmisiones sobre cualquier matriz del canal efectivo. En las realizaciones en donde se usa una matriz del canal efectivo intencionalmente diagonal de bloque, la transmisión se adapta a la matriz del canal efectivo intencionalmente diagonal de bloque. Esto es altamente ventajoso porque 1) la transmisión de energía no se desperdicia en entradas del canal efectivo diagonal de bloque que no son útiles para el receptor en el segundo nodo, 2) la transmisión es tal  
 45 que no mezcla los flujos/capas de símbolos los cuales de lo contrario serían bien separados por el canal efectivo diagonal de bloque intencionado.

En algunas realizaciones el primer nodo 100 comprende un sistema multi-antena con configuración de antena con polarización cruzada que son usadas para comunicación inalámbrica con el segundo nodo 120, donde el segundo nodo 120 está usando también una configuración de antena con polarización cruzada para la recepción de las señales transmitidas desde el primer nodo 100.

5 La configuración de antena con polarización cruzada resulta en una matriz del canal efectivo intencionalmente diagonal de bloque. Un ejemplo particular de cuando ocurre esto es si las dos direcciones de polarización ortogonales usadas en el primer nodo 100 se corresponden con las dos direcciones de polarización en el segundo nodo 120, tal como por ejemplo si dos pares de antenas polarizadas horizontalmente y verticalmente se usan en el primero así como en el segundo nodo.

10 El canal efectivo puede comprender los pasos de procesamiento posteriores a la operación de precodificación además del canal físico y los posibles pasos de procesamiento en el segundo nodo 120, por ejemplo los filtros de transmisión y recepción. En algunas realizaciones el número de salidas del canal efectivo es al menos dos. El método comprende los pasos de:

15 401. El primer nodo obtiene al menos un flujo de símbolos. El flujo de símbolos tiene la intención de ser transmitido al segundo nodo 120 sobre el canal efectivo. En algunas realizaciones el canal efectivo comprende más que dos entradas. En este caso este paso implica la realización de la adaptación del rango de transmisión en el sentido de seleccionar el número de flujos de símbolos para hacer coincidir las características del canal efectivo.

20 402. Este paso es opcional. En algunas realizaciones el primer nodo 100 recibe información de canal desde el segundo nodo 120. La información de canal es en general en una cantidad que está estadísticamente relacionada con el canal efectivo. Ejemplos de información de canal incluyen estimaciones de canal, estimaciones de canal cuantificadas, recomendaciones de precodificadores etc. En particular, la información de canal recibida puede ser una matriz de precodificación que el segundo nodo 120 ha recomendado usar al primer nodo 100. En algunas realizaciones la información de canal comprende estimaciones de canal que se pueden usar por el primer nodo 100 para determinar una matriz precodificadora adecuada para la transmisión.

25 403. En este paso el primer nodo 100 determina una matriz de precodificación que tiene una estructura diagonal de bloque.

30 En algunas realizaciones este paso se realiza basándose en la maximización de la capacidad prevista en el paso de transmisión mediante la determinación de una matriz precodificadora que maximice la capacidad prevista o una medición relacionada, por ejemplo seleccionar la, en este sentido, mejor matriz precodificadora del libro de códigos. Esto sirve para mejorar también la actual capacidad/rendimiento del sistema.

En algunas realizaciones adicionales este paso se puede realizar basándose en la maximización de la Relación Señal a Ruido que el segundo nodo 120 verá cuando reciba la transmisión desde el primer nodo 100. Esta manera de mejorar la Relación Señal a Ruido también sirve para mejorar el rendimiento total del sistema y puede en última instancia explotarse para aumentar la capacidad.

35 En algunas realizaciones el primer nodo comprende un libro de códigos, En este caso este paso se puede realizar mediante la selección de la matriz de precodificación del libro de códigos.

El libro de códigos puede comprender matrices de precodificación separadas para cada uno de los posibles rangos de transmisión como se puede ver de por ejemplo la Tabla 1. En algunas realizaciones, para cada rango de transmisión, una mayoría de las matrices precodificadoras son diagonales de bloque en el libro de códigos 180.

40 Este paso de determinar la matriz de precodificación puede también ser realizado basando la determinación en mediciones llevadas cabo en el enlace inverso, esto es las mediciones en el primer nodo 100 de las señales recibidas originadas de las transmisiones del segundo nodo 120, y/o la explotación de la propiedades de reciprocidad del canal. La reciprocidad de canal significa que el canal, o ciertas propiedades del canal, son similares en los enlaces directos (desde el primer nodo 100 hasta el segundo nodo 120) e inversos (desde el segundo nodo 45 120 hasta el primer nodo 100). Las mediciones en el enlace inverso pueden comprender una estimación del canal.

En algunas realizaciones el primer nodo 100 ha recibido información del canal desde el segundo nodo 120 en el paso opcional 402. En estas realizaciones este paso de determinación de la matriz de precodificación se realiza basándose en la información del canal recibida del segundo nodo 120.

404. El primer nodo 100 precodifica el al menos un flujo de símbolos con la matriz de precodificación determinada.

50 405. El primer nodo 100 entonces transmite el al menos un flujo de símbolos precodificado sobre el canal efectivo al segundo nodo 120. En algunas realizaciones la transmisión del al menos un flujo de símbolos precodificado en el primer nodo 100 se realiza usando un sistema multi-antena con una configuración de antena con polarización cruzada y la recepción del al menos un flujo de símbolos precodificado en el segundo nodo 120 se lleva a cabo a través del uso de un sistema multi-antena, cuyo sistema multi-antena resulta en una matriz del canal efectivo 55 intencionalmente diagonal de bloque.

Para realizar los anteriores pasos del método, el primer nodo 100 comprende una disposición 500 representada en la Fig. 5. Como se mencionó anteriormente, el primer nodo 100 y el segundo nodo 120 están comprendidos en el sistema 110 de comunicación inalámbrica.

5 El primer nodo 100 se dispone para adaptar una transmisión al segundo nodo 120 sobre un canal efectivo. El canal efectivo tiene múltiples entradas y al menos una salida. En algunas realizaciones el número de salidas del canal efectivo es al menos dos.

10 La primera disposición 500 de nodo comprende una unidad 510 de obtención configurada para obtener al menos un flujo de símbolos. En algunas realizaciones el canal efectivo comprende más de dos entradas. En este caso la unidad 510 de obtención además se configura para implicar la realización de la adaptación del rango de transmisión en el sentido de seleccionar el número de flujos de símbolos para hacer coincidir las características del canal efectivo.

La primera disposición 500 de nodo comprende una unidad 520 de determinación configurada para determinar una matriz de precodificación que tiene una estructura diagonal de bloque.

15 En algunas realizaciones la unidad 520 de determinación además se configura para basar la determinación de la matriz de precodificación en la maximización de una capacidad de transmisión prevista.

En algunas realizaciones la unidad 520 de determinación además se configura para basar la determinación de la matriz de precodificación en la maximización de la Relación Señal a Ruido que el segundo nodo 120 experimentará cuando reciba la transmisión desde el primer nodo 100.

20 La unidad 520 de determinación puede además configurarse para basar la determinación de la matriz de precodificación en la maximización de la Relación Señal a Ruido que el segundo nodo 120 recibirá cuando realice una transmisión.

25 En algunas realizaciones la unidad 520 de determinación además se configura para seleccionar la matriz de precodificación desde un libro 180 de códigos. En algunas realizaciones el libro de códigos comprende matrices de precodificación separadas para cada una de los posibles rangos de transmisión respectivos. En algunas realizaciones, para cada rango de transmisión, una mayoría de las matrices precodificadoras en el libro 180 de códigos son diagonales de bloque.

En algunas realizaciones, la unidad 520 de determinación además se configura para basar la determinación en las mediciones del enlace inverso y/o explotar las propiedades de reciprocidad del canal. Las mediciones en el canal inverso pueden comprender una estimación del canal.

30 La disposición 500 del primer nodo además comprende una unidad 300 de precodificación configurada para precodificar el al menos un flujo de símbolos con la matriz de precodificación determinada.

La disposición 500 del primer nodo también comprende una unidad 540 de transmisión configurada para transmitir el al menos un flujo de símbolos precodificado sobre el canal efectivo hasta el segundo nodo 120.

35 La disposición 500 del primer nodo puede comprender una unidad 550 receptora configurada para recibir la información del canal desde el segundo nodo 120.

La unidad 520 de determinación puede además configurarse para determinar la matriz de precodificación basándose en la información de canal recibida desde el segundo nodo 120.

La información de canal recibida puede ser una matriz de precodificación recomendada. En algunas realizaciones la información de canal comprende una estimación del canal.

40 En algunas realizaciones se adapta el al menos un flujo de símbolos transmitido a un canal efectivo diagonal de bloque.

45 En algunas realizaciones se dispone la transmisión del al menos un flujo de símbolos precodificado en el primer nodo 100 para realizarse usando un sistema multi-antena con una configuración de antena con polarización cruzada comprendido en el primer nodo 100, y en donde se dispone la recepción del al menos un flujo de símbolos en el segundo nodo 120 para llevarse a cabo a través del uso de un sistema multi-antena comprendido en el segundo nodo 120, cuyos sistemas multi-antenas resultan en un canal efectivo diagonal de bloque intencionado.

50 Los pasos del método en el segundo nodo 120 para adaptar una transmisión multi-antena desde un primer nodo a un segundo nodo 120 sobre un canal efectivo en un sistema 110 de comunicación inalámbrica según algunas realizaciones serán ahora descritos con referencia a un diagrama de flujo representado en la Figura 6. El canal efectivo tiene múltiples entradas y al menos una salida. En algunas realizaciones la transmisión se adapta a un canal efectivo diagonal de bloque.

- 5 En algunas realizaciones el segundo nodo 120 comprende un sistema multi-antena con una configuración de antena con polarización cruzada que se usa para la comunicación inalámbrica con el primer nodo 100, donde el primer nodo 100 también está usando una configuración de antena con polarización cruzada para la transmisión de las señales recibidas por el segundo nodo 120. La configuración de antena con polarización cruzada resulta en un canal intencionalmente efectivo diagonal de bloque. Un ejemplo particular de cuando esto ocurre es si las dos direcciones de polarización ortogonales usadas en el primer nodo 100 coinciden con las dos direcciones en el segundo nodo 120, tal como por ejemplo si dos pares de antenas polarizadas horizontalmente y verticalmente se usan en el primero así como en el segundo nodo. El método comprende los pasos de:
- 10 601. El segundo nodo 120 selecciona una matriz de precodificación que tiene una estructura diagonal de bloque. En algunas realizaciones este paso se realiza basándose en la maximización de una capacidad prevista en el paso de recepción de la transmisión del al menos un flujo de símbolos del primer nodo 100.
- Este paso puede también realizarse basándose en la maximización de la Relación Señal a Ruido que el segundo nodo 120 recibirá en el paso 603 de recepción del al menos un flujo de símbolos desde el primer nodo 100.
- 15 En algunas realizaciones este paso se puede realizar mediante la optimización de la función de criterio relacionado al rendimiento sobre un conjunto factible de matrices precodificadoras. La matriz precodificadora que da el máximo rendimiento, como medido por la función de criterio relacionado al rendimiento, sería entonces seleccionada para mejorar el rendimiento actual.
- En algunas realizaciones este paso se realiza mediante la selección de la matriz de precodificación de un libro de códigos. Esto se puede realizar de la misma manera que en el método del primer nodo 100 descrito anteriormente.
- 20 En algunas realizaciones el libro de códigos comprende matrices de precodificación separadas para cada uno de los respectivos posibles rangos de transmisión. Esto puede realizarse también de la misma manera que en el método del primer nodo 100 descrito anteriormente.
- En algunas realizaciones, para cada rango de transmisión, una mayoría de las matrices precodificadoras son diagonales de bloque en el libro 180 de códigos.
- 25 602. En este paso el segundo nodo 120 transporta la matriz de precodificación seleccionada al primer nodo 100.
603. El segundo nodo 120 entonces recibe el al menos un flujo de símbolos precodificado transportado desde el primer nodo 100 sobre el canal efectivo. Se precodifica el al menos un flujo de símbolos recibido con la matriz de precodificación determinada en el primer nodo 100.
- 30 Como se mencionó anteriormente, la transmisión del al menos un flujo de símbolos precodificado en el primer nodo 100 se puede realizar usando un sistema multi-antena con configuración de antena con polarización cruzada y la recepción del al menos un flujo de símbolos precodificado en el segundo nodo 120 se puede llevar a cabo a través del uso de un sistema multi-antena, cuyos sistemas multi-antena resultan en una matriz del canal intencionalmente efectivo diagonal de bloque.
- 35 Para realizar los pasos anteriores del método, el segundo nodo 120 comprende una disposición 700 representada en la Figura 7. Como se mencionó anteriormente, el segundo nodo 120 se dispone para recibir una transmisión multi-antena desde un primer nodo 100 sobre un canal efectivo. El canal efectivo tiene múltiples entradas y al menos una salida. El primer nodo 100 y el segundo nodo 120 están comprendidos en el sistema 110 de comunicación inalámbrica.
- 40 La disposición 700 del segundo nodo comprende una unidad 710 de selección configurada para seleccionar una matriz de precodificación que tiene una estructura diagonal de bloque.
- La unidad 710 de selección se puede además configurar para basar la selección de la matriz de precodificación en la maximización de la capacidad prevista de la transmisión del al menos un flujo de símbolos precodificados recibido desde el primer nodo 100.
- 45 En algunas realizaciones la unidad de selección 710 se configura para basar la selección de la matriz de precodificación en la maximización de la Relación Señal a Ruido que el segundo nodo 120 recibirá cuando reciba el al menos un flujo de símbolos precodificado desde el primer nodo 100.
- 50 La unidad 710 de selección puede además configurarse para seleccionar la matriz de precodificación desde un libro 190 de códigos. En algunas realizaciones el libro de códigos comprende matrices de precodificación separadas para cada uno de los respectivos posibles rangos de transmisión. El libro de códigos 190 puede comprender una matriz de precodificación separada para cada uno de los respectivos posibles rangos de transmisión. En algunas realizaciones, para cada rango de transmisión, una mayoría de las matrices precodificadoras en el libro 180 de códigos son diagonales de bloque.
- En algunas realizaciones la unidad 710 de selección además se configura para optimizar una función de criterio relacionado al rendimiento sobre un conjunto factible de matrices precodificadoras.

La disposición 700 del segundo nodo además comprende una unidad 720 transmisora configurada para transmitir la matriz de precodificación seleccionada al primer nodo 100.

5 La disposición 700 del segundo nodo además comprende una unidad 730 receptora configurada para recibir al menos un flujo de símbolos precodificado transmitido sobre el canal efectivo desde el primer nodo 100. El al menos un flujo de símbolos recibido se precodifica con la matriz de precodificación determinada en el primer nodo 100.

En algunas realizaciones, el al menos un flujo de símbolos precodificado transmitido se adapta a una matriz del canal efectivo diagonal de bloque.

10 En algunas realizaciones la transmisión del al menos un flujo de símbolos precodificado en el primer nodo 100 se dispone para realizarse usando un sistema multi-antena con una configuración de antena con polarización cruzada comprendido en el primer nodo 100, en donde la recepción del al menos un flujo de símbolos precodificado en el segundo nodo 120 se dispone para llevarse a cabo a través del uso de un sistema multi-antena comprendido en el segundo nodo 120, cuyo sistemas multi-antena resultan en una matriz del canal intencionalmente efectivo diagonal de bloque.

15 Algunas realizaciones del presente método se pueden describir de la siguiente manera general. Un método que comprende la determinación de al menos un elemento del libro de códigos correspondiente a una matriz de haz conformado en un transmisor MIMO que tiene  $N \times N$  antenas. Estando las antenas agrupadas en conjuntos de antenas con polarización cruzada. Comprendiendo el método la selección de una matriz del canal de precodificación que tiene una estructura diagonal de bloque.

20 La precodificación para sistemas multi-antena se puede describir más generalmente como la multiplicación de una señal portadora de información de valor vectorial con una matriz precodificadora, cuya señal portadora de información de valor vectorial se llama en este documento flujo de símbolos o flujos de símbolos. Lo último puede referirse alternativamente a una capa o capas, respectivamente.

25 El presente mecanismo para adaptar una transmisión desde un primer nodo 100 a un segundo nodo 120 sobre un canal efectivo se puede implementar a través de uno o más procesadores, tales como un procesador 560 en la disposición 500 del primer nodo representado en la Figura 5 o el procesador 740 en la disposición 700 del segundo nodo representado en la Figura 7, junto a un código de programa de ordenador para realizar las funciones de la presente solución. El código de programa mencionado anteriormente se puede proporcionar también como un producto de programa de ordenador, por ejemplo en forma de un código de programa de ordenador llevado en una portadora de datos para realizar la presente solución al ser cargado en el primer nodo 100 o en el segundo nodo 30 120. Una portadora tal puede ser en forma de un disco CD ROM. Es factible sin embargo con otras portadoras de datos tales como una memoria extraíble. El código de programa de ordenador se puede además proporcionar como un código de programa puro en un servidor y ser descargado al primer nodo 100 o al segundo nodo 120 remotamente.

Cuando se usa la palabra “comprende” o “comprendiendo” se interpretará en el sentido de “consiste al menos de”.

35 La presente invención se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un método en un primer nodo (100) para adaptar una transmisión multi-antena a un segundo nodo (120) sobre un canal efectivo, el canal efectivo que tiene múltiples entradas y al menos una salida, el primer nodo (100) y el segundo nodo (120) que son comprendidos en un sistema (110) de comunicación inalámbrica, el método que comprende los pasos de:
- obtener (401) al menos un flujo de símbolos,
- determinar (403) una matriz de precodificación que tiene una estructura diagonal de bloque, en donde la matriz de precodificación hace corresponder características del canal efectivo modelado como una matriz del canal efectivo que tiene una estructura diagonal de bloque,
- 10 precodificar (404) el al menos un flujo de símbolos con la matriz de precodificación determinada, y
- transmitir (405) el al menos un flujo de símbolos precodificado sobre el canal efectivo hasta el segundo nodo (120).
- 15 2. El método según la reivindicación 1, en donde el canal efectivo comprende más de dos entradas y en donde el paso de obtener (401) al menos un flujo de símbolos implica la realización de la adaptación del rango de transmisión en el sentido de seleccionar el número de flujos de símbolos para hacer corresponder las características del canal efectivo.
3. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en donde el número de entradas del canal efectivo es al menos dos.
4. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde el canal efectivo es intencionalmente diagonal de bloque y en donde la transmisión se adapta al canal efectivo intencionalmente diagonal de bloque.
- 20 5. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde la transmisión del al menos un flujo de símbolos precodificado en el primer nodo (100) se realiza usando un sistema multi-antena con una configuración de antena con polarización cruzada, y la recepción del al menos un flujo de símbolos precodificado en el segundo nodo (120) se lleva a cabo a través del uso de un sistema multi-antena, cuyos sistemas multi-antena resultan en un canal efectivo intencionalmente diagonal de bloque.
- 25 6. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde el paso de determinación (403) de la matriz de precodificación se realiza basándose en la maximización de una capacidad prevista en el paso de transmisión.
7. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde el paso de determinación (403) de la matriz de precodificación se basa en la maximización de la Relación Señal a Ruido que el segundo nodo (120) recibirá en el paso de transmisión.
- 30 8. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en donde el paso de determinación (403) de la matriz de precodificación se realiza mediante la selección de la matriz de precodificación de un libro (180) de códigos.
9. El método según la reivindicación 8, en donde el libro de códigos comprende matrices de precodificación separadas para cada uno de los respectivos rangos de transmisión posibles.
- 35 10. El método según la reivindicación 8 ó 9, en donde, para cada rango de transmisión, una mayoría de las matrices precodificadoras son diagonales de bloque en el libro (180) de códigos.
11. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1-10, que comprende además el paso de:
- recibir (402) la información de canal desde el segundo nodo (120), y
- en donde el paso de determinar (403) la matriz de precodificación se realiza basándose en la información del canal recibida desde el segundo nodo (120).
- 40 12. Un método en un segundo nodo (120) para asistir al primer nodo (100) en la adaptación de una transmisión multi-antena desde el primer nodo (100) hacia el segundo nodo (120) sobre un canal efectivo, el canal efectivo que tiene múltiples entradas y al menos una salida, el primer nodo (100) y el segundo nodo (120) que son comprendidos en un sistema de comunicación inalámbrico (110), el método que comprende los pasos de:
- 45 seleccionar (601) una matriz de precodificación que tiene una estructura diagonal de bloque, en donde la matriz de precodificación hace corresponder las características del canal efectivo modelado como una matriz del canal efectivo que tiene una estructura diagonal de bloque,
- transportar (602) la matriz de precodificación seleccionada al primer nodo (100),

recibir (603) al menos un flujo de símbolos precodificado sobre el canal efectivo transmitido desde el primer nodo (100), cuyo al menos un flujo de símbolos precodificado recibido es precodificado por el primer nodo (100) con una matriz de precodificación determinada basada en la matriz de precodificación seleccionada.

5 13. El método según la reivindicación 12, en donde el canal efectivo es intencionalmente diagonal de bloque y en donde la transmisión se adapta al canal efectivo intencionalmente diagonal de bloque.

10 14. El método según cualquiera de las reivindicaciones 12-13, en donde la transmisión del al menos un flujo de símbolos precodificado desde el primer nodo (100) se realiza usando un sistema multi-antena con una configuración de antena con polarización cruzada y la recepción del al menos un flujo de símbolos precodificado en el segundo nodo (120) se lleva a cabo a través del uso de un sistema multi-antena, cuyos sistemas multi-antena resultan en un canal efectivo intencionalmente diagonal de bloque.

15 15. El método según cualquiera de las reivindicaciones 12-14, en donde el paso de seleccionar (601) una matriz de precodificación se realiza basándose en la maximización de una capacidad prevista en el paso de recepción del al menos un flujo de símbolos desde el primer nodo (100).

15 16. El método según cualquiera de las reivindicaciones 12-14, en donde el paso de seleccionar (601) una matriz de precodificación se realiza basándose en la maximización de la Relación Señal a Ruido que el segundo nodo (120) recibirá en el paso de recepción del al menos un flujo de símbolos precodificado desde el primer nodo (100).

17. El método según cualquiera de las reivindicaciones 12-16, en donde el paso de seleccionar (601) una matriz de precodificación se realiza mediante la selección de la matriz de precodificación desde un libro (190) de códigos.

20 18. El método según la reivindicación 17, en donde el libro de códigos comprende matrices de precodificación separadas para cada uno de los respectivos rangos de transmisión posibles.

19. El método según la reivindicación 17 ó 18, en donde, para cada rango de transmisión, la mayoría de las matrices precodificadoras en el libro (190) de códigos son diagonales de bloque.

25 20. El método según cualquiera de las reivindicaciones 12-19, en donde el paso de seleccionar (601) una matriz de precodificación se realiza mediante la optimización de la función de criterio relacionado al rendimiento sobre un conjunto factible de matrices precodificadoras.

21. Un primer nodo (100), dispuesto para adaptar una transmisión multi-antena a un segundo nodo (120) sobre un canal efectivo, el canal efectivo que tiene múltiples entradas y al menos una salida, el primer nodo (100) y el segundo nodo (120) que son comprendidas en un sistema (110) de comunicación inalámbrica, el primer nodo (100) que comprende:

30 una unidad (510) de obtención configurada para obtener al menos un flujo de símbolos,

una unidad (520) de determinación configurada para determinar una matriz de precodificación que tiene una estructura diagonal de bloque, en donde la matriz de precodificación hace corresponder las características del canal efectivo modelado como una matriz del canal efectivo que tiene una estructura diagonal de bloque,

35 una unidad (300) de precodificación configurada para precodificar el al menos un flujo de símbolos con la matriz de precodificación determinada, y

una unidad de transmisión (540) configurada para transmitir el al menos un flujo de símbolos precodificado sobre el canal efectivo hasta el segundo nodo (120).

40 22. El primer nodo (100) según la reivindicación 21, en donde el canal efectivo comprende más de dos entradas y en donde la unidad (510) de obtención se configura además para implicar la realización de la adaptación de los rangos de transmisión en el sentido de la selección del número de flujos de símbolos para hacer corresponder las características del canal efectivo.

23. El primer nodo (100) según cualquiera de las reivindicaciones 21-22, en donde el número de salidas del canal efectivo es al menos dos.

45 24. El primer nodo (100) según cualquiera de las reivindicaciones 21-23, en donde el canal efectivo es intencionalmente diagonal de bloque y en donde la transmisión se adapta para el canal efectivo intencionalmente diagonal de bloque.

50 25. El primer nodo (100) según cualquiera de las reivindicaciones 21-24, en donde se dispone para ser realizada la transmisión del al menos un flujo de símbolos precodificado en el primer nodo (100) usando un sistema multi-antena con una configuración de antena con polarización cruzada comprendido en el primer nodo (100), y en donde la recepción del al menos un flujo de símbolos precodificado en el segundo nodo (120) se dispone para ser llevada a cabo a través del uso de un sistema multi-antena comprendido en el segundo nodo (120), cuyos sistemas multi-antena resultan en un canal efectivo intencionalmente diagonal de bloque.

26. El primer nodo (100) según cualquiera de las reivindicaciones 21-25, en donde la unidad de determinación (520) se configura además para basar la determinación de la matriz de precodificación en la maximización de la capacidad prevista de la transmisión.
- 5 27. El primer nodo (100) según cualquiera de las reivindicaciones 21-25, en donde la unidad de determinación (520) se configura además para basar la determinación de la matriz de precodificación en la maximización de la Relación Señal a Ruido que el segundo nodo (120) recibirá cuando se realice una transmisión.
28. El primer nodo (100) según cualquiera de las reivindicaciones 21-27, en donde la unidad de determinación (520) se configura además para seleccionar la matriz de precodificación desde un libro (180) de códigos.
- 10 29. El primer nodo (100) según la reivindicación 28, en donde el libro (180) de códigos comprende matrices de precodificación separadas para cada uno de los respectivos posibles rangos de transmisión.
30. El primer nodo (100) según la reivindicación 28 o 29, en donde, para cada rango de transmisión, la mayoría de las matrices precodificadoras en el libro (180) de códigos son diagonales de bloque.
31. El primer nodo (100) según cualquiera de las reivindicaciones 21-30, que además comprende:  
una unidad (550) de recepción configurada para recibir la información del canal desde el segundo nodo (120), y  
15 en donde la unidad (520) de determinación se configura además para determinar la matriz de precodificación basándose en la información del canal recibida desde el segundo nodo (120).
32. Un segundo nodo (120), dispuesto para recibir una transmisión multi-antena desde un primer nodo (100) sobre un canal efectivo, el canal efectivo que tiene múltiples entradas y al menos una salida, el primer nodo (100) y el  
20 segundo nodo (120) que son comprendidos en un sistema (110) de comunicación inalámbrico, el segundo nodo (120) que comprende:  
una unidad (710) de selección configurada para seleccionar una matriz de precodificación que tiene una estructura diagonal de bloque, en donde la matriz de precodificación hace corresponder las características del canal efectivo modelado como una matriz del canal efectivo que tiene una estructura diagonal de bloque,  
25 una unidad (720) de transporte configurada para transportar la matriz de precodificación seleccionada al primer nodo (120),  
una unidad (730) de recepción configurada para recibir al menos un flujo de símbolos precodificado sobre el canal efectivo transmitido desde el primer nodo (100), cuyo al menos un flujo de símbolos precodificado recibido es precodificado por el primer nodo (100) con una matriz de precodificación determinada basada en la matriz de precodificación seleccionada.
- 30 33. El segundo nodo (120) según la reivindicación 32, en donde el canal efectivo es intencionalmente diagonal de bloque y en donde la transmisión se adapta al canal efectivo intencionalmente diagonal de bloque.
34. El segundo nodo (120) según cualquiera de las reivindicaciones 32-33, en donde la transmisión del al menos un flujo de símbolos precodificado en el primer nodo (100) se dispone para ser realizada usando un sistema multi-antena con una configuración de antena con polarización cruzada comprendida en el primer nodo (100), y en donde  
35 la recepción del al menos un flujo de símbolos precodificado en el segundo nodo (120) se dispone para llevarse a cabo a través del uso de un sistema multi-antena comprendido en el segundo nodo (120), cuyos sistemas multi-antena resultan en un canal efectivo intencionalmente diagonal de bloque.
35. El segundo nodo (120) según cualquiera de la reivindicaciones 32-34, en donde la unidad (710) de selección se configura además para basar la selección de la matriz de precodificación en la maximización de la capacidad prevista de transmisión del flujo de símbolos precodificado recibido desde el primer nodo (100).  
40
36. El segundo nodo (120) según cualquiera de las reivindicaciones 32-34, en donde la unidad (710) de selección se configura además para basar la selección de la matriz de precodificación en la maximización de la Relación Señal a Ruido que el segundo nodo (120) recibirá cuando reciba el al menos un flujo de símbolos precodificado desde el primer nodo (100).
- 45 37. El segundo nodo (120) según cualquiera de las reivindicaciones 32-36, en donde la unidad de selección (710) se configura además para seleccionar la matriz de precodificación desde un libro (190) de códigos.
38. El segundo nodo (120) según la reivindicación 37 en donde el libro de códigos comprende matrices de precodificación separadas para cada uno de los respectivos posibles rangos de transmisión.
- 50 39. El segundo nodo (120) según la reivindicación 37 ó 38, en donde, para cada rango de transmisión, la mayoría de las matrices precodificadoras en el libro (190) de códigos son diagonales de bloque.

40. El segundo nodo (120) según cualquiera de las reivindicaciones 32-39, en donde la unidad de selección (720) se configura además para optimizar la función de criterio relacionado al rendimiento sobre un conjunto factible de matrices precodificadoras.



Fig. 1

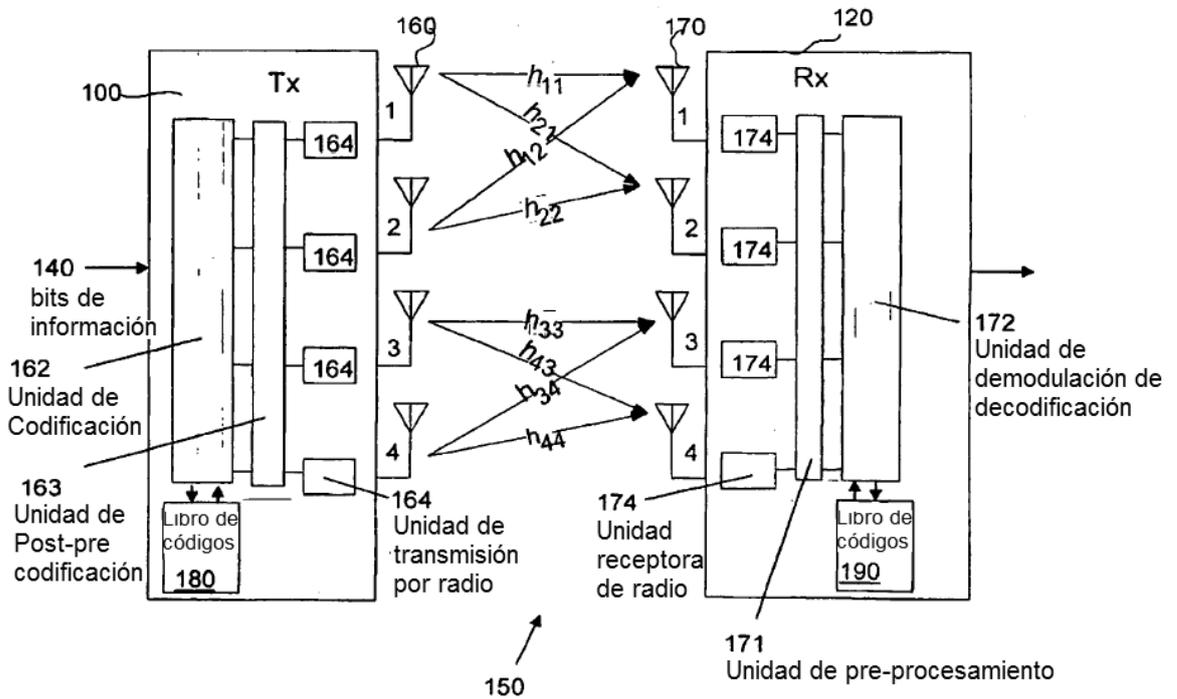


Fig. 2

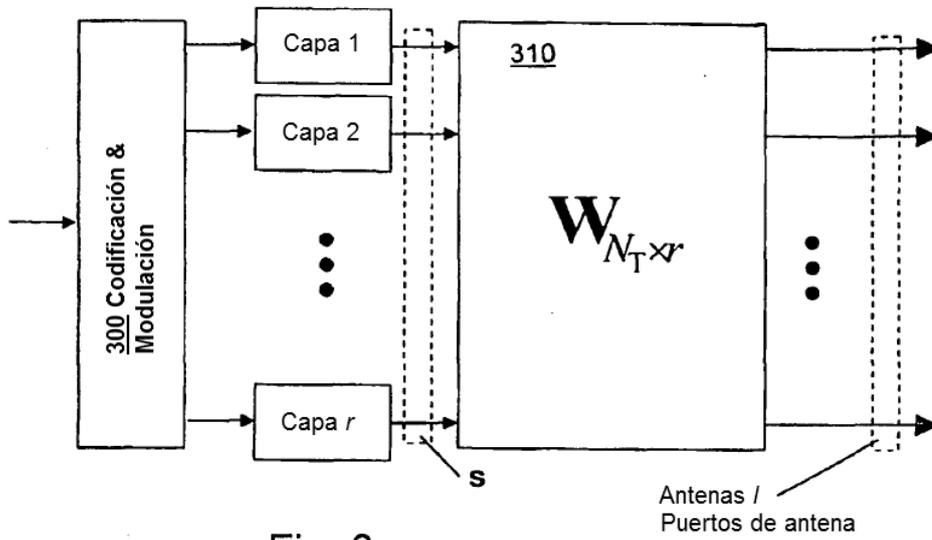


Fig. 3

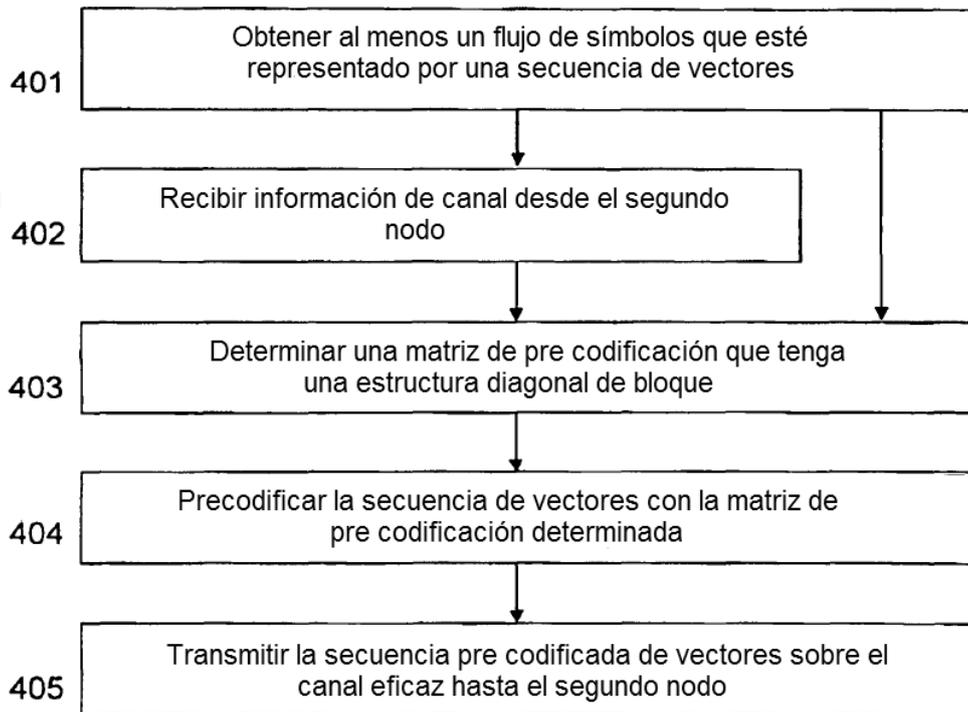


Fig. 4

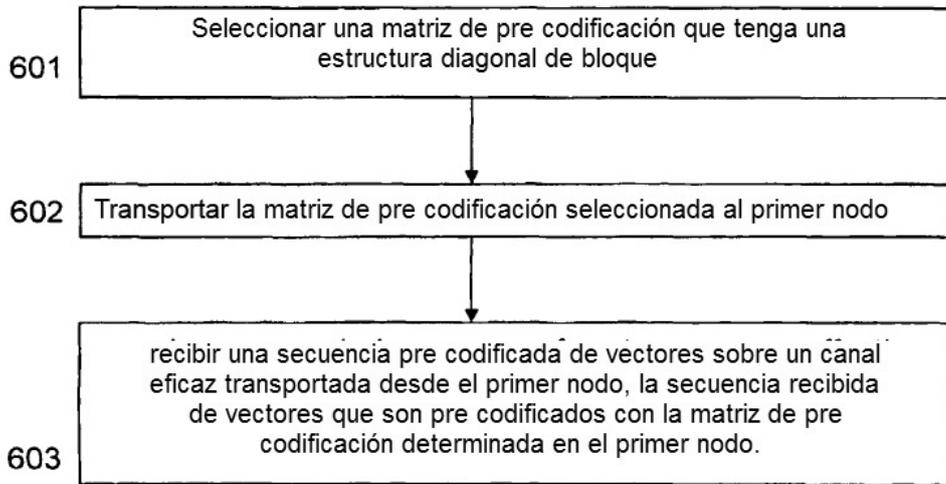
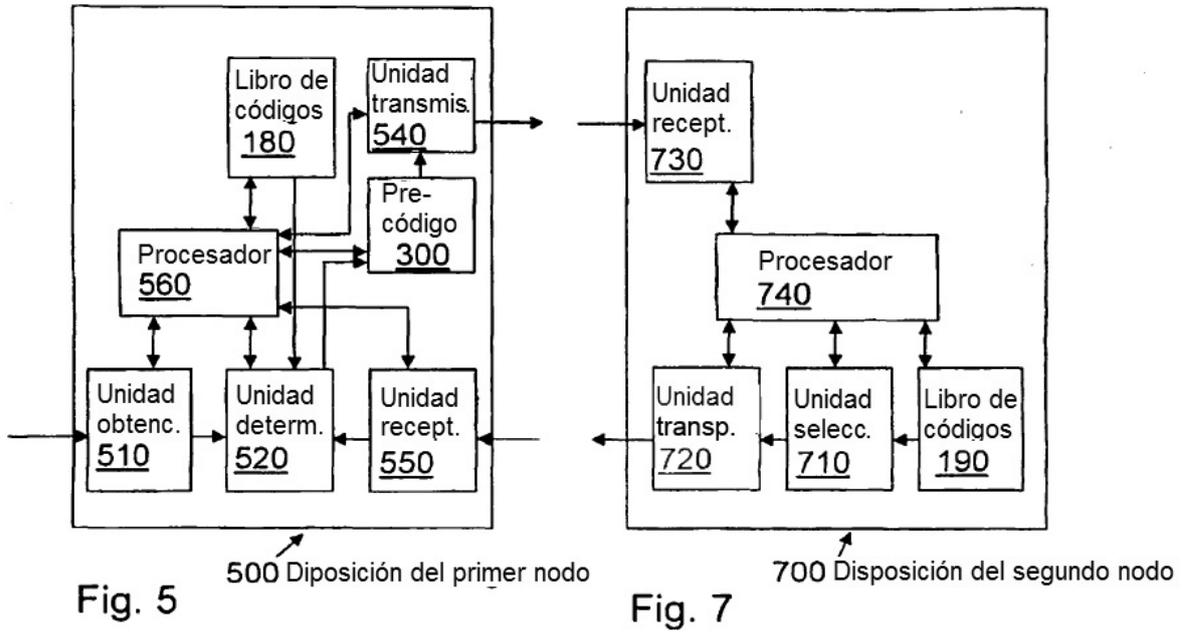


Fig. 6