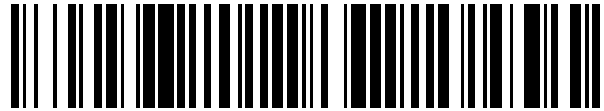


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 553 638**

51 Int. Cl.:

H04L 25/03 (2006.01)

H04B 7/04 (2006.01)

H04B 7/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.03.2010 E 10753188 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.09.2015 EP 2396938**

54 Título: **Libro de códigos de precodificación y representación de realimentación**

30 Prioridad:

17.03.2009 WO PCT/CN2009/070850

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

10.12.2015

73 Titular/es:

**HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (100.0%)
Huawei Administration Building, Bantian,
Longgang District
Shenzhen, Guangdong 518129, CN**

72 Inventor/es:

**WENNSTROM, MATTIASCP y
LIU, JIANGHUAC**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 553 638 T3

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

DESCRIPCIÓN

Libro de códigos de precodificación y representación de realimentación

5 CAMPO DE LA INVENCION

La invención se refiere a un campo técnico de transmisión de antenas múltiples en un sistema de comunicación inalámbrica. En particular, se refiere al campo técnico de la precodificación y comunicación de una representación de realimentación de precodificación.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La Precodificación para sistemas de comunicaciones del tipo de Múltiple Entrada Múltiple Salida (MIMO) se utiliza para mejorar la ganancia de señal y/o mejorar la separación de señales del receptor entre múltiples flujos transmitidos de información. La precodificación se utiliza, a modo de ejemplo, en normas de comunicaciones inalámbricas tales como 3GPP LTE, 3GPP2 UMB e IEEE 802.16e. En todas estas normas, se utiliza OFDM (Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales) como la técnica de modulación para transmisión.

La precodificación se realiza multiplicando flujos o un flujo, a transmitirse, por una matriz o un vector, respectivamente. La matriz o vector que representa precodificación utilizada (también indicada como precodificador a continuación) debe adaptar el canal para una buena separación de flujos diferentes, y de este modo, conseguir una alta relación de señal a ruido (SNR) en recepción para cada flujo. La relación de entrada/salida en un sistema OFDM que transmite a través de un canal inalámbrico, puede describirse en el dominio de la frecuencia como,

$$25 \quad \mathbf{y} = \mathbf{HWx} + \mathbf{n} \quad , \quad (\text{B-1})$$

en donde W es la matriz de precodificación, H es la matriz de canal, x es el vector de entrada que contiene los símbolos a transmitirse, n es el vector de muestras de ruido e y es la señal de salida en el receptor. La relación expresada en la ecuación B-1 se mantiene para cada subportadora en el sistema OFDM. Sin embargo, la misma matriz de precodificación W se suele utilizar para un grupo de subportadoras adyacentes.

El modelo en la ecuación B-1 es aplicable en un sistema de comunicación inalámbrica en donde una estación base, que tiene antenas de transmisión múltiples, se comunica con una estación móvil receptora y también en un sistema de comunicación inalámbrica en donde múltiples estaciones base, teniendo cada una de ellas múltiples antenas de transmisión, se comunican con la misma estación móvil receptora. En este último caso, el canal de transmisión H tiene el mismo número de columnas y la matriz de precodificación W el mismo número de filas que el número total de antenas de transmisión para todas las estaciones base cooperantes. Este escenario operativo se denomina un sistema de Transmisión Multipunto Cooperativa (COMP) y un libro de códigos para un mayor número de antenas de transmisión se requiere a este respecto.

La matriz de precodificación W se selecciona sobre la base del canal de transmisión H , esto es, el precodificador es dependiente del canal. Además, el rango de transmisión se selecciona sobre la base del canal H . El rango de transmisión es equivalente al número de flujos transmitidos y es igual al número de columnas de la matriz de precodificación W . De este modo, si se selecciona el rango uno, la matriz de precodificación W se convierte en un vector de precodificación.

La Figura 1 representa esquemáticamente un sistema de comunicación inalámbrica en donde una estación base está transmitiendo dos flujos precodificados por una matriz de precodificación de rango 2 W . En este caso, la estación base transmisora tiene cuatro antenas de transmisión y la estación móvil receptora tiene dos antenas de recepción. En el receptor, se utiliza un filtro de receptor con la finalidad de separar los dos flujos.

La Figura 2 representa esquemáticamente un escenario operativo en donde tres estaciones base transmisoras en un sistema de comunicación inalámbrica, teniendo cada una de ellas cuatro antenas de transmisión, están transmitiendo tres flujos hacia una estación móvil receptora provista de tres antenas de recepción. Lo que antecede es una realización, a modo de ejemplo, de una transmisión de COMP en donde múltiples estaciones base están transmitiendo una señal coordinada hacia una estación móvil receptora. El canal de transmisión H tiene, de este modo, doce columnas y tres filas en este caso puesto que existe en total doce antenas de transmisión y tres antenas de recepción. Además, puesto que se transmiten tres flujos, la matriz de precodificación W tiene doce filas y tres columnas y de este modo, se toma desde un libro de códigos para doce antenas transmisoras. Cada estación base transmite una sub-matriz de esta matriz de precodificación del tipo doce por tres W , a modo de ejemplo, la estación base 1 transmite los tres flujos utilizando una matriz de precodificación obtenida como las cuatro filas superiores y las tres columnas de la matriz de precodificación W .

El receptor recibe de este modo y , y con conocimiento del producto combinado de canal-precodificador $G = HW$, el receptor puede crear un filtro de receptor R que estima el vector de símbolo transmitido como,

$$\hat{x} = Ry \quad (\text{B-2})$$

Un filtro de receptor comúnmente utilizado es el filtro de cero forzado.

$$R = (G^*G)^{-1}G^* \quad (\text{B-3})$$

o el filtro de receptor de Error Cuadrático Medio Mínimo Lineal (LMMSE),

$$R = (G^*G + C_{nn})^{-1}G^* \quad (\text{B-4})$$

en donde C_{nn} es la matriz de covarianza de ruido más interferencia en el receptor.

Si la información sobre el canal H está disponible en el transmisor, el precodificador correspondiente W se selecciona y utiliza para la transmisión. Los criterios para seleccionar el precodificador W , incluyendo su rango, podría ser para maximizar la relación de señal a interferencia más ruido (SINR) mínima para los símbolos estimados en \hat{x} . Otros criterios para seleccionar W son también conocidos, tales como maximizar el número total de bit de información transmitidos, teniendo en cuenta todos los flujos. Conviene señalar que la dimensión de la columna del precodificador W , también conocida como el rango de la transmisión, es también parte de la selección del precodificador W de modo que se seleccione un rango y un precodificador preferido W dentro de todas las posibles matrices de precodificación con este rango (equivalente al número de columnas).

En general, el canal H es desconocido en el transmisor. Si el transmisor mide y hace retornar la información de canal completa H al transmisor y el transmisor decide la matriz de precodificación W basada en la información de canal obtenida desde el receptor, se necesita una amplia cantidad de señalización de realimentación, lo que es indeseable.

Con el fin de reducir la sobrecarga de señalización, una forma convencional consiste en construir un conjunto limitado de posibles precodificadores W_i , $i = 1, \dots, N$ para un rango dado. Un conjunto de estas matrices de precodificación para un rango dado se indica como un libro de códigos de precodificación. El libro de códigos para un determinado rango, o un número equivalente de flujos espaciales, consiste, de este modo, en N matrices de precodificación únicas (o vectores si el rango es uno), teniendo cada una magnitud de M veces R , en donde M es el número de puertos de antenas transmisoras y el R es el número de flujos espaciales en paralelo, o rangos de transmisión, respectivamente.

El libro de códigos es conocido y memorizado en el transmisor y receptor. Puesto que el receptor suele tener un mejor conocimiento sobre el canal H entre el transmisor y el receptor, el receptor puede seleccionar un rango y un precodificador óptimo W a partir del libro de códigos de este rango sobre la base del conocimiento sobre el canal y hacer retornar un índice que representa el rango y el precodificador seleccionado al transmisor. El transmisor puede utilizar, entonces, el precodificador correspondiente al índice objeto de realimentación por el receptor para una transmisión; o el transmisor puede tener otras fuentes de información para elegir un precodificador diferente al seleccionado por el receptor. De este modo, la realimentación desde el receptor debe considerarse solamente como una recomendación y es el transmisor el que toma la decisión final sobre qué matriz de precodificación debe utilizarse para una transmisión particular. A modo de ejemplo, el transmisor puede elegir la reducción del rango del precodificador o interpolar las matrices de precodificación entre informes de realimentación sucesivos. Esta operación de utilización de información de realimentación para indicar la matriz de precodificación seleccionada se indica como precodificación de bucle cerrado.

Como alternativa, el transmisor puede efectuar un ciclo pseudo-aleatorio mediante un conjunto de precodificadores si no está disponible un enlace de control de realimentación, lo que se indica como precodificación de bucle abierto. Para soportar la precodificación de bucle abierto, es de utilidad si diferentes matrices de precodificación en un conjunto de precodificadores solamente difiere en una permutación de sus columnas o filas. La permutación de columnas es equivalente a permutar la puesta en correspondencia de flujos para la matriz de precodificación y la permutación de filas es equivalente a permutar la puesta en correspondencia de la matriz de precodificación para las antenas físicas. Esta realización cíclica de relaciones de correspondencia asegurará que cada flujo encuentre un canal con una variación en la calidad, para evitar el caso en que un flujo tenga siempre una mala calidad de canal, que podría ser el caso en un sistema de bucle abierto. Por lo tanto, un libro de códigos diseñado para la operación de bucle abierto tiene un subconjunto de matrices de precodificación que difieren solamente por la permutación de columnas o filas.

En la Figura 2, una operación de realimentación de un sistema de comunicación inalámbrica se ilustra de forma esquemática. El receptor estima los canales desde todas las antenas de transmisión a todas las antenas de recepción utilizando una unidad de estimación de canal. El canal estimado se utiliza entonces en una unidad de

selección de matriz de precodificación en donde el rango y la matriz de precodificación se seleccionan a partir de un libro de códigos de matrices de precodificación disponibles para este rango.

El diseño del libro de códigos es un tema que ha atraído mucha atención en los últimos años. Es problemático encontrar un libro de códigos óptimo puesto que su rendimiento depende de los modelos de canal y de la métrica de rendimiento utilizada para la evaluación. Sin embargo, una medida estándar para evaluar el rendimiento de diferentes libros de códigos es la distancia mínima a nivel de par d_{min} entre todos los precodificadores en el libro de códigos. Un libro de códigos con un valor grande de d_{min} se considera que tiene un mejor rendimiento que un libro de códigos con un pequeño valor d_{min} .

Otras propiedades deseables de un libro de códigos se refieren a requisitos de complejidad en la puesta en práctica. Dos de dichas propiedades son el denominado *módulo constante* y las propiedades de *alfabeto restringido*, que significa que todos los elementos de matrices de todos los precodificadores en el libro de códigos tienen la misma magnitud absoluta y se toman a partir de una constelación valorada compleja finita tal como $\{+1, -1, +i, -i\}$ u 8-PSK. La propiedad de módulo constante asegura que todos los M amplificadores de potencia en el transmisor se utilicen igualmente y que se transmita la misma potencia y la potencia de alfabeto restringido simplifica los cálculos del receptor, tal como cuando invertir y multiplicar matrices.

Otra propiedad deseable de un libro de códigos es la propiedad de *anidamiento*, que implica que una matriz de precodificación de rango R es una sub-matriz de una matriz de precodificación de rango $R + 1$. A modo de ejemplo, un vector de precodificación de rango uno es una columna en una matriz de rango dos, y así sucesivamente. Esta propiedad simplifica la toma de decisión en el receptor con respecto a qué rango y qué precodificador seleccionar, puesto que los resultados de un cálculo de rango más bajo pueden memorizarse y reutilizarse cuando se calcula las medidas de selección para otros rangos más altos o más bajos.

Además, la *restricción de libro de códigos* es una propiedad que permite al sistema de comunicaciones restringir cuáles de todas las matrices de precodificación en el libro de códigos y para qué rangos le está permitido al receptor seleccionar en la selección de precodificador. De este modo, el sistema puede excluir algunas matrices o rangos de precodificación, si resulta operativamente beneficioso. Para un libro de códigos, resulta difícil obtener cada precodificador adecuado para cualquier escenario operativo. A modo de ejemplo, en un determinado escenario operativo de canal, es posible que solamente un subconjunto de los precodificadores dentro de un libro de códigos sea adecuado para su uso. En este caso, si se utiliza la restricción de libro de códigos, el receptor tendrá un más pequeño espacio de búsqueda de precodificador para encontrar el mejor precodificador, lo que puede reducir la complejidad del receptor y mejorar el rendimiento en un escenario operativo de canal particular.

En la especificación de 3GPP LTE; con $M = 4$ puertos de antena de transmisión, existen $N = 16$ precodificadores, cada uno generado por una transformación de Householder desde su vector de generación correspondiente, definido por cada rango $R = 1, 2, 3$ y 4 , respectivamente. De este modo $N * R = 64$ precodificadores diferentes se memorizan en los equipos de usuario (UE) y los eNBs (estaciones base en LTE) respectivamente. Si se utiliza la restricción de libro de códigos, entonces el número de precodificadores elegible para selección puede reducirse, a modo de ejemplo, eliminando todas las matrices de precodificación del rango más alto.

En el sistema de comunicación 3GPP LTE-Avanzada (LTE-A), que se supone que es una extensión del sistema LTE, hasta ocho puertos de antena serán soportados para aumentar todavía más el rendimiento del sistema, tal como la tasa de transmisión de datos máxima, eficiencia del espectro medio celular, etc. y por lo tanto, se soportará una tecnología MIMO de más alto orden con ocho puertos de antena. En el sistema LTE, el número máximo de puertos de antena disponibles para la precodificación de libros de códigos es cuatro.

La solicitud de patente publicada WO 2008/086239 A1 da a conocer un método en donde una matriz de precodificación es seleccionada de entre N_t libros de códigos y cada libro de códigos corresponde a un rango de transmisión y N_t corresponde al número de antenas de transmisión. Badri Varadarajan et al da a conocer en el documento de IEEE "Diseño de libros de códigos anidados para precodificadores MIMO", una estructura matricial de precodificadores anidados en donde las matrices de precodificadores en un libro de códigos de rango más bajo forma matrices de precodificadores en un libro de códigos de más alto rango. El documento 3GPP R1-070730 da a conocer un diseño de libro de códigos de precodificación para 4 antenas de Node-B. El autor propone una construcción basada en la técnica de House-hold para cuatro antenas de Node-B que incluyen un método de construcción de libro de códigos y los resultados de simulación de nivel de enlace en comparación con otro método propuesto.

SUMARIO DE LA INVENCION

¿Cómo diseñar un libro de códigos de precodificación para ocho puertos de antena que se soportan en LTE-A? o ¿cómo diseñar un libro de códigos para transmisiones de antenas múltiples en general? ¿Cómo diseñar un libro de códigos que tenga una o más de las propiedades deseables según se describió con anterioridad? En general, cuando se diseñan libros de códigos, es deseable que sean fáciles de poner en práctica en términos de complejidad de cálculo y requisitos de almacenamiento en memoria.

En un sistema de comunicaciones 3GPP LTE-A, a modo de ejemplo, serán soportadas las transmisiones COMP mencionadas. El número total de antenas de transmisión en un sistema COMP puede variar dependiendo de cuántas estaciones base están cooperando en el modo de transmisión de COMP para una estación móvil. De este modo, los libros de códigos para diferente número de antenas de transmisión son necesarios. A modo de ejemplo, si dos estaciones base, cada una teniendo cuatro antenas, están en cooperación, en tal caso, se necesita un libro de códigos para ocho antenas. Si cuatro estaciones base, cada una teniendo cuatro antenas, están cooperando en el modo COMP, en tal caso, un libro de códigos para seis antenas de transmisión se necesita a este respecto. Por lo tanto, resulta problemático diseñar libros de códigos para una diversidad de antenas de transmisión y para una diversidad de rangos distintos o de forma equivalente, el número de flujos de transmisión.

En conformidad con una solución de la técnica anterior, un método para la construcción de un libro de códigos para ocho puertos de antena se describe sobre la base de soportes mutuamente no polarizados a partir de la teoría de información cuántica. El método proporciona la propiedad de anidamiento y las matrices de precodificación son de módulo constante y tienen un alfabeto restringido. Sin embargo, productos de Kronecker entre vectores de valoración compleja x y matrices C se utilizan en la generación de libros de códigos en conformidad con este método. A modo de ejemplo, para obtener una matriz de precodificación, se necesita realizar las multiplicaciones $x \otimes C = [x \bullet C_1 \quad x \bullet C_2 \quad \dots \quad x \bullet C_N]$ para crear la matriz de precodificación, en donde \bullet indica una multiplicación a nivel de elementos y C_j es la j -ésima columna de C .

En conformidad con otra solución de la técnica anterior, se proporciona un diseño de libro de códigos para ocho puertos de antena utilizando la transformación de Hadamard compleja, que consiste en productos de Kronecker entre matrices de valoración compleja. El libro de códigos de rango ocho completo se construye siempre primero y para obtener el libro de códigos de rango más bajo, se eliminan columnas desde el libro de códigos de rango completo. El diseño del libro de códigos consiste en varios parámetros de diseño y en encontrar el libro de códigos final, con la necesidad de simulaciones informáticas.

En conformidad con un aspecto, a modo de ejemplo, de la presente invención, uno o más de los problemas antes citados se resuelven con un método y un producto de generación de un primer libro de códigos A que comprende al menos una primera matriz de precodificación a_p de transmisión de antenas múltiples en un sistema de comunicación. Para una primera matriz de precodificación a_p que tiene M' número de filas y un número R' de columnas y que comprende al menos una primera y una segunda sub-matriz; dicha generación comprende:

- seleccionar al menos una segunda b_j y una tercera b_k matrices de precodificación que pertenece a un segundo libro de códigos B , teniendo dicha segunda b_j y tercera b_k matrices de precodificación un número M de filas y un número R_1 de columnas, en donde $M' > M$, $M \geq 2$ y $R_1 \geq 1$; y
- obtener dicha primera y segunda sub-matrices sobre la base de dichas segunda b_j y tercera b_k matrices de precodificación, respectivamente, de modo que las columnas en dicha primera matriz de precodificación a_p sean ortogonales entre sí cuando $R' > 1$.

En conformidad con otro aspecto, a modo de ejemplo, de la presente invención, uno o más de los problemas antes citados se resuelven con un método de utilización de un primer libro de códigos A que se genera para la precodificación de transmisión de antenas múltiples en un sistema de comunicación inalámbrica.

Las reivindicaciones comprenden varias formas de realización de la invención.

Una ventaja con un libro de códigos según la presente invención es que un libro de códigos puede generarse a partir de precodificadores con una más pequeña dimensión matricial que la dimensión del libro de códigos a generarse y también que estos precodificadores generados son propiedades inherentemente deseadas, anteriormente citadas, a partir de los precodificadores de la más pequeña dimensión. A modo de ejemplo, en un equipo de usuario (UE) para un sistema de comunicación LTE-A solamente el libro de códigos LTE necesita memorizarse en la memoria, puesto que el libro de códigos LTE-A puede basarse en el libro de códigos LTE en conformidad con la invención. Lo que antecede reducirá las necesidades de memoria del equipo de usuario UE. Además, ningún producto matricial (productos a nivel de elementos o productos de Kronecker) entre matrices de valoración compleja se necesitan para construir un libro de códigos de ocho antenas, con lo que se reduce la complejidad del cálculo.

Además, formas de realización, a modo de ejemplo, de la presente invención, proporcionan una gran flexibilidad cuando se diseñan libros de códigos de diferentes sistemas de transmisión y escenarios operativos, p.e., una transmisión de estación base única o una transmisión de COMP en donde una pluralidad de estaciones base cooperan en la transmisión de enlace descendente. Puesto que un equipo de usuario UE a veces está conectado a una estación base única y a veces a estaciones base múltiples mediante la operación de COMP, el equipo UE debe generar y memorizar libros de códigos de precodificación correspondiente para una diversidad de escenarios operativos. Por lo tanto, resulta conveniente si la generación de libros de códigos y su diseño para el escenario operativo de estación base única y escenario operativo de COMP (y otros escenarios operativos también) emplean

el mismo método general, puesto que los libros de códigos para un número diferente de puertos de antena pueden obtenerse con baja complejidad, de conformidad con formas de realización, a modo de ejemplo, de la presente invención.

- 5 Otras ventajas de la presente invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de formas de realización de la invención.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

10 Los dibujos adjuntos están previstos para aclarar y explicar la presente invención en donde:

- La Figura 1 representa esquemáticamente cómo dos flujos están en relación de correspondencia para cuatro antenas utilizando una matriz de precodificación y cómo un receptor de dos antenas adopta el filtrado del receptor para reconstruir los dos flujos transmitidos;
- 15 - La Figura 2 representa esquemáticamente cómo tres flujos son puestos en una relación de correspondencia para cuatro antenas en tres estaciones base (transmisor 1, 2 y 3, respectivamente) cuando se transmite en el modo de COMP. Las tres estaciones base, por lo tanto, comparten una sola matriz de precodificación a partir de un libro de códigos y de este modo, cada estación base utiliza una sub-matriz de la una matriz de precodificación como su matriz de precodificación respectiva. La Figura ilustra también un receptor de tres antenas que adopta un filtrado de receptor para reconstruir los tres flujos transmitidos.
- 20 - La Figura 3 representa esquemáticamente cómo el receptor estima el canal entre el transmisor y el receptor, el uso de las estimaciones de canal para decidir una matriz de precodificación óptima a partir de un libro de códigos predefinido y la realimentación de un índice correspondiente a la matriz de precodificación preferida al transmisor, que aplica la matriz de precodificación en la transmisión posterior;
- 25 - La Figura 4 ilustra los resultados de simulación comparando el rendimiento para un rango de un libro de códigos según la técnica anterior con el rendimiento para un libro de códigos en conformidad con la presente invención, como la distribución de SINR después de un receptor de LMMSE;
- 30 - La Figura 5 ilustra los resultados de simulación comparando el rendimiento para un libro de códigos de rango dos en conformidad con la técnica anterior con el rendimiento para un libro de códigos en conformidad con la presente invención, como la distribución de SINR recibida después de un receptor de LMMSE;
- 35 - La Figura 6 ilustra los resultados de simulación comparando el rendimiento para un libro de códigos de rango cinco según la técnica anterior con el rendimiento para un libro de códigos en conformidad con la presente invención, como la distribución de SINR recibida después de un receptor de LMMSE; y
- 40 - La Figura 7 ilustra los resultados de simulación comparando el rendimiento para un libro de códigos de rango ocho según la técnica anterior con el rendimiento para un libro de códigos en conformidad con la presente invención, como la distribución de SINR recibida después de un receptor de LMMSE.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

45 Definir dos libros de códigos, A y B , en donde el libro de códigos A está diseñado para M' puertos de antena de transmisión y para la transmisión de rango R' y consiste en un número N' de matrices de precodificación a_p de dimensiones $M' \times R'$ para cada rango R' , en donde $1 \leq i \leq N'$, $1 \leq R' \leq M'$, y en donde las columnas de cada matriz a_p son mutuamente ortogonales,

50

$$A = \{a_1, \dots, a_{N'}\},$$

y en donde libro de códigos B para $M \times M'$ puertos de antenas de transmisión consiste en un número N de matrices de precodificación unitarias b_i de dimensiones $M \times R$ para una transmisión de rango R , en donde $1 \leq i \leq N$, $1 \leq R \leq M$,

55

$$B = \{b_1, \dots, b_N\}.$$

Además, se supone que $b_i^{\{\omega\}}$ es una matriz $M \times S$ que consiste en S columnas en el conjunto ω de matriz b_i . A modo de ejemplo, $b_i^{\{13\}}$ es una matriz $M \times 2$ constituida por las columnas 1 y 3 de la matriz b_i . Además, suponiendo que el libro de códigos B tiene la propiedad de anidamiento, esto es, columnas seleccionadas en la matriz de precodificación b_i del libro de códigos b del rango R es una matriz de precodificación b_j a partir del libro de códigos B

60

de rango $R - 1$. Se supone, además, que el libro de códigos B tiene el módulo constante y la propiedad de alfabeto restringido, es decir, cada elemento de una matriz arbitraria b_i tiene la misma magnitud y se toma a partir de una constelación de señales finitas Ω .

5 Con la notación anterior, un libro de códigos para un sistema de comunicación LTE-A es un libro de códigos A con $M' = 8$ y un libro de códigos para un sistema de comunicaciones LTE es un libro de códigos B con $M = 4$ y con un número máximo de matrices de precodificación $N = 16$. La presente invención resuelve al menos los problemas citados creando el libro de códigos A de ocho puertos de antena para un rango R' dado, que consiste en matrices de precodificación con columnas ortogonales, de tal manera que cada matriz de precodificación en este libro de códigos
10 A contiene al menos dos sub-matrices basadas en matrices de precodificación obtenidas a partir del libro de códigos B de cuatro puertos de antena. Las matrices de precodificación que pertenecen al libro de códigos B pueden multiplicarse con las mismas o diferentes matrices complejas o escalares y las filas o columnas de las dos matrices de precodificación pueden permutarse también. La dos sub-matrices pueden basarse en dos matrices de precodificación diferentes en el libro de códigos B , pero pueden basarse también en una matriz de precodificación
15 única en el libro de códigos B .

Conviene señalar que la presente invención da a conocer libros de códigos A para todos los rangos R' entre uno y el número máximo de puertos de antenas de transmisión M' para un sistema de comunicación inalámbrica dado. Además, existen razones para seleccionar libros de códigos diferentes para rango uno o dos, respectivamente,
20 puesto que estos rangos se utilizan también para transmisión de tipo multiusuario, que es un modo diferente en donde más de un usuario recibe información simultáneamente. Dicho de otro modo, en esta forma de realización, los flujos transmitidos están previstos para diferentes usuarios o receptores. Por lo tanto, este modo puede tener requisitos de diseño de libros de códigos especiales, pero habida cuenta que solamente se utilizan libros de códigos de rango más bajo en este modo, los libros de códigos de rango más alto podrían generarse por el método según la presente invención. Por lo tanto, esta invención considera métodos para la generación de libros de códigos para un
25 rango R' dado.

Una forma de realización de generación de libros de códigos en conformidad con la presente invención, sin necesidad de permutaciones o multiplicaciones se proporciona en la ecuación 1,
30

$$\mathbf{a}_p = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_i \\ \mathbf{b}_k \end{pmatrix}. \quad (1)$$

El receptor puede seleccionar dos matrices de precodificación b_i y b_k , a partir del conjunto de matrices de precodificación perteneciente al libro de códigos B , a utilizarse para las sub-matrices en la ecuación 1 y la realimentación de esta información al transmisor. Puesto que el libro de códigos B tiene un rango máximo cuatro en LTE, esta construcción de un libro de códigos de ocho puertos de antena A con dos sub-matrices es efectivo para el rango cuatro. Conviene señalar según se indicó con anterioridad, que las matrices de precodificación seleccionadas b_i y b_k pueden ser la misma matriz de precodificación, esto es, $i = k$.
35

El libro de códigos resultante A construido de esta manera tendrá como herencia operativa el módulo constante anidado y las propiedades de alfabeto restringido del libro de códigos B para todos los rangos de transmisión. Cualquier operación matricial, conocida para un experto en esta técnica, tal como: permutación de filas, permutación de columnas, inversión, transposición o transposición de Hermitian (Transposición conjugada) de las matrices de libro de códigos A son también posibles y forman parte de la presente invención.
40

Además, las dimensiones del libro de códigos A son las dimensiones del libro de códigos B al cuadrado si todas las combinaciones de b_i y b_k así lo permiten. Si un libro de códigos más pequeño A es deseable, pueden eliminarse matrices de precodificación desde el libro de códigos B antes de construir el libro de códigos A de modo que el libro de códigos A esté basado en un subconjunto de las matrices de precodificación pertenecientes al libro de códigos B .
45

Otras ventajas de la presente invención son que el receptor puede reutilizar algoritmos de cálculo desde el libro de códigos B , puesto que el libro de códigos A consiste en una agregación de al menos dos matrices de precodificación desde el libro de códigos B .
50

En conformidad con otra forma de realización de la presente invención, cada matriz de precodificación procedente del más pequeño libro de códigos B puede multiplicarse por un escalar complejo. Estos escalares pueden indicarse como β_i y β_k y un ejemplo de esta forma de realización con multiplicación escalar se ilustra en la ecuación 2,
55

$$\mathbf{a}_p = \begin{pmatrix} \beta_i \mathbf{b}_i \\ \beta_k \mathbf{b}_k \end{pmatrix}. \quad (2)$$

En otra forma de realización, una matriz de precodificación a_p de rango más bajo se obtiene eliminando columnas desde las dos sub-matrices en la ecuación 2. A modo de ejemplo, una matriz de precodificación de rango dos puede obtenerse según se ilustra en la ecuación 3,

$$a_p = \begin{pmatrix} \beta_i b_i^{\{13\}} \\ \beta_k b_k^{\{12\}} \end{pmatrix}, \quad (3)$$

en donde las columnas uno y tres se utilizan desde la matriz de precodificación superior (que tiene índice i) y las columnas uno y dos desde la matriz de precodificación más baja (que tiene índice k). La selección de las columnas a eliminarse puede depender de la matriz de precodificación seleccionada, esto es, depender de los índices i y k en la ecuación 3.

Según otra forma de realización de la invención, cada matriz de precodificación desde el libro de códigos B más pequeño puede multiplicarse con una matriz compleja. Estas matrices, que pueden ser matrices diagonales, pueden indicarse como Γ_i y Γ_k , y un ejemplo de esta forma de realización con multiplicación escalar se ilustra en la ecuación 4,

$$a_p = \begin{pmatrix} \Gamma_i b_i \\ \Gamma_k b_k \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Y una forma de realización diferente se ilustra en la ecuación 5.

$$a_p = \begin{pmatrix} b_i \Gamma_i \\ b_k \Gamma_k \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Para la generación de un libro de códigos A con un rango más alto que cuatro necesitamos extender las matrices de precodificación del libro de códigos A a más de cuatro columnas. Según una forma de realización de la invención al menos cuatro matrices de precodificación desde el libro de códigos B se utilizan como cuatro sub-matrices en una matriz de precodificación a_p en el libro de códigos A , esto es, la matriz de precodificación a_p en el libro de códigos A incluye matrices de precodificación desde el libro de códigos B según se ilustra en la ecuación 6,

$$a_p = \begin{pmatrix} \beta_i b_i & \beta_j b_j \\ \beta_m b_m & \beta_n b_n \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Puesto que a_p tiene columnas ortogonales, se requieren algunas restricciones sobre las elecciones de índices i, j, m y n . En las otras formas de realización siguientes de la presente invención de construcción del libro de códigos A con rango superior a 4 basado en el diseño general en la ecuación 6 se presentan a este respecto.

Otras formas de realización se ilustran en las ecuaciones 7 y 8

$$a_p = \begin{pmatrix} \Gamma_i b_i & \Gamma_j b_j \\ \Gamma_m b_m & \Gamma_n b_n \end{pmatrix}, \quad (7)$$

$$a_p = \begin{pmatrix} b_i \Gamma_i & b_j \Gamma_j \\ b_m \Gamma_m & b_n \Gamma_n \end{pmatrix}. \quad (8)$$

En donde las cuatro sub-matrices han sido multiplicadas desde la izquierda y derecha con matrices $\Gamma_i, \Gamma_j, \Gamma_m$ y Γ_n , respectivamente. Estas matrices pueden ser matrices diagonales.

Para economizar la sobrecarga de realimentación en comparación con el diseño en las ecuaciones 6 a 8 y para tener en cuenta de que las columnas de a_p son ortogonales, las matrices de precodificación para un libro de códigos

A de rango ocho está constituido por solamente dos matrices de precodificación desde el libro de códigos B para rango cuatro, pero en donde las columnas han sido realizadas ortogonales multiplicando la matriz de la parte inferior derecha con el escalar -1 , esto es, para esta sub-matriz el escalar es $\beta = -1$, que se ilustra en la ecuación 9 siguiente,

$$\mathbf{a}_p = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_i & \mathbf{b}_i \\ \mathbf{b}_k & -\mathbf{b}_k \end{pmatrix}. \quad (9)$$

Con esta construcción, solamente necesitan indexarse dos matrices y la realimentación desde el receptor es de magnitud mita en comparación con el diseño en la ecuación 6.

La sobrecarga con el diseño en la ecuación 9 puede reducirse todavía más seleccionando una matriz de precodificación única desde el libro de códigos B de cuatro puertos de antena y aplicando el escalar $\beta = -1$ en la multiplicación de una de las sub-matrices en la ecuación 6. La matriz de precodificación para rango ocho en el libro de códigos A estará constituida, por lo tanto, por solamente una matriz de precodificación desde el libro de códigos B . La ecuación 10 ilustra esta forma de realización

$$\mathbf{a}_p = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_i & \mathbf{b}_i \\ \mathbf{b}_i & -\mathbf{b}_i \end{pmatrix}. \quad (10)$$

En conformidad con las formas de realización anteriores, los precodificadores de rango ocho completos en el libro de códigos A se generan a este respecto y para formar precodificadores de rango más bajo, necesita eliminarse columnas desde el precodificador de rango completo de tal manera que se mantenga la propiedad de anidamiento. Una forma de eliminar columnas desde el libro de códigos de rango ocho es eliminar columnas desde la parte derecha y mantener la mitad izquierda de la matriz intacta, lo que se ilustra en la ecuación 11 para el caso de rango seis,

$$\mathbf{a}_p = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_i & \mathbf{b}_i^{\{12\}} \\ \mathbf{b}_k & -\mathbf{b}_k^{\{12\}} \end{pmatrix}. \quad (11)$$

En la forma de realización en la ecuación 11, las cuatro columnas de la izquierda no se cambian para todos los rangos superiores a cuatro. Otra alternativa es eliminar columnas desde la derecha en cada sub-matriz, según se ilustra en la ecuación 12,

$$\mathbf{a}_p = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_i^{\{123\}} & \mathbf{b}_i^{\{123\}} \\ \mathbf{b}_k^{\{123\}} & -\mathbf{b}_k^{\{123\}} \end{pmatrix}. \quad (12)$$

Una tercera alternativa para reducir el rango y al mismo tiempo, mantener la propiedad de anidamiento es seguir la eliminación de columnas según el libro de códigos B de LTE. A modo de ejemplo, en LTE, la matriz de precodificación de rango cuatro utiliza todas las columnas $\{1234\}$ de la matriz de precodificación. La matriz de precodificación de rango tres para un índice de matriz de precodificación dado puede seleccionar columnas $\{124\}$ desde la matriz de rango cuatro y puede seleccionar columnas $\{123\}$ para otros índices. Para obtener una matriz de precodificación de rango siete, podría eliminarse la tercera columna en una primera matriz de precodificación y la cuarta columna en una segunda matriz de precodificación. Un ejemplo de este caso se ilustra en la ecuación 13,

$$\mathbf{a}_p = \begin{pmatrix} \mathbf{b}_i & \mathbf{b}_i^{\{124\}} \\ \mathbf{b}_k & -\mathbf{b}_k^{\{123\}} \end{pmatrix}. \quad (13)$$

En otra forma de realización de la presente invención, un libro de códigos de rango de uno de cuatro bits para LTE-A se obtiene a partir de un libro de códigos de rango uno de cuatro bits para LTE-A. El libro de códigos de rango uno de LTE se proporciona por,

$$\tilde{\mathbf{B}} = \{\mathbf{b}_1^{\{1\}}, \dots, \mathbf{b}_N^{\{1\}}\}, \quad (14)$$

y cuatro vectores de precodificación desde el libro de códigos en (14) se seleccionan en conformidad con una regla de selección predefinida, a modo de ejemplo, seleccionando los vectores 1, 2, 3 y 4 de modo que se tenga,

$$\tilde{B} = \{b_1^{(1)}, b_2^{(1)}, b_3^{(1)}, b_4^{(1)}\}. \quad (15)$$

El libro de códigos de rango uno de LTE-A de 16 elementos se obtiene luego apilando vectores de libro de códigos a partir de todas las combinaciones posibles a nivel de par del libro de códigos \tilde{B} como

$$A = \left\{ \begin{bmatrix} b_1^{(1)} \\ b_1^{(1)} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} b_1^{(1)} \\ b_2^{(1)} \end{bmatrix}, \dots, \begin{bmatrix} b_4^{(1)} \\ b_4^{(1)} \end{bmatrix} \right\}. \quad (16)$$

Conviene señalar que para obtener el libro de códigos de LTE-A en conformidad con esta forma de realización, no será necesario generar primero el libro de códigos de rango ocho y luego, eliminar columnas.

En otra forma de realización de la invención, un libro de códigos de rango dos de cuatro bits para LTE-A a partir de un libro de códigos de rango dos de cuatro bits para LTE se obtiene a este respecto. El libro de códigos de rango dos de LTE se proporciona por,

$$B = \{b_1^{(14)}, \dots, b_N^{(12)}\}, \quad (17)$$

Cuatro matrices de precodificación desde el libro de códigos en la ecuación 17 se seleccionan en conformidad con alguna regla de selección predefinida, en este ejemplo, las matrices de precodificación 1, 2, 3 y 4 se seleccionan de modo que

$$\tilde{B} = \{b_1^{(14)}, b_2^{(12)}, b_3^{(13)}, b_4^{(12)}\}. \quad (18)$$

El libro de códigos de LTE-A de 16 elementos se obtiene luego apilando matrices de libros de códigos a partir de todas las combinaciones posibles a nivel de par del libro de códigos \tilde{B} de modo que

$$A_1 = \left\{ \begin{bmatrix} b_1^{(14)} \\ b_1^{(14)} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} b_1^{(14)} \\ b_2^{(12)} \end{bmatrix}, \dots, \begin{bmatrix} b_4^{(12)} \\ b_4^{(12)} \end{bmatrix} \right\}. \quad (19)$$

Conviene señalar que para obtener un libro de códigos de LTE-A en conformidad con esta forma de realización, no será necesario generar primero el libro de códigos de rango 8 y luego eliminar columnas.

En otra forma de realización de la presente invención, un libro de códigos de rango dieciséis de ocho bit para un sistema con dieciséis antenas de transmisión se obtiene a partir de un libro de códigos de rango cuatro de dos bits para un sistema de cuatro antenas. Un sistema con dieciséis antenas de transmisión puede aparecer, a modo de ejemplo, en una transmisión de COMP en donde cuatro estaciones base, cada una teniendo cuatro antenas de transmisión, están en cooperación en una transmisión hacia el mismo receptor. El libro de códigos B para cuatro antenas se proporciona por

$$B = \{b_1, \dots, b_4\} \quad (20)$$

y el libro de códigos A para dieciséis antenas de transmisión se obtiene en conformidad con la ecuación 21

$$a_p = \begin{pmatrix} b_a & b_a & b_a & -b_a \\ b_c & b_c & -b_c & b_c \\ b_d & -b_d & b_d & -b_d \\ b_f & -b_f & -b_f & b_f \end{pmatrix}, \quad (21)$$

en donde las matrices de precodificación b_a, b_c, b_d , baja frecuencia se seleccionan a partir del libro de códigos B . Se

entiende por los expertos en esta materia que esta matriz de precodificación tiene columnas ortogonales. Debe entenderse que si los rangos inferiores a dieciséis se desean para la matriz de precodificación generada, se pueden eliminar columnas. Se entiende también que precodificadores con más altas dimensiones pueden generarse con el método según la presente invención y que la presente invención es un método generar para obtener libros de códigos dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

Resultados de rendimiento

Para evaluar el rendimiento de los libros de códigos generados en conformidad con la presente invención, se han realizado simulaciones en un sistema de comunicación inalámbrica OFDM de 5 MHz que se asemeja al sistema de comunicación de LTE-Avanzada con ocho puertos de antena para la transmisión en la estación base y ocho antenas receptoras en el equipo de usuario UE. Para cada grupo constituido por veinticuatro subportadoras se seleccionó un precodificador desde un libro de códigos de 16 precodificadores. La selección se realizó maximizando la capacidad suma sobre los flujos en donde el número de flujos es igual al rango de la matriz de precodificación.

Un canal urbano típico fue supuesto y cada uno de los elementos de canal en la matriz MIMO 8 x 8 fue supuesto de que tiene un desvanecimiento independiente. La relación SNR de recepción media por antena receptora fue de 10 dB y se utilizó un receptor de LMMSE.

En el análisis de rendimiento, el libro de códigos de 16 elementos según la presente invención fue generado seleccionando las primeras cuatro matrices de precodificación de un rango dado a partir del libro de códigos de LTE y creando el libro de códigos de ocho puertos de antena seleccionando dos matrices de precodificación y utilizando la ecuación 19 para comparar su rendimiento con un libro de códigos con 16 matrices de precodificación/vectores por rango en conformidad con una solución de la técnica anterior. Una excepción al establecimiento mencionado fue el caso de rango ocho en donde un libro de códigos con cuatro matrices de precodificación se utilizó para la finalidad de permitir la comparación con la solución de la técnica anterior (en donde se utilizaron solamente cuatro matrices para el rango ocho).

En las Figuras 4 a 7, las líneas de trazos representan el rendimiento para libros de códigos en conformidad con la invención mientras que las líneas continuas representan el rendimiento de los libros de códigos según la técnica anterior. Puede deducirse de estas Figuras que la diferencia es despreciable en rendimiento entre los dos grupos de libros de códigos. Por consiguiente, con un libro de códigos según la presente invención, se puede obtener el mismo rendimiento que para libros de códigos según la técnica anterior, pero la presente innovación proporciona, como una de sus ventajas, un método mucho más sencillo para la generación de libros de códigos, lo que evita la multiplicación de Kronecker de matrices de valores complejos. Por ello, es más atractivo desde un punto de vista de realización. Otras ventajas con la presente invención se han descrito en esta exposición de la idea inventiva.

Además, se entiende también por los expertos en esta técnica que se puede poner en práctica un método para generar un libro de códigos y para utilizar el libro de códigos generado en conformidad con la presente invención en un programa informático, que tenga medios de códigos, que cuando se ejecuta en un ordenador haga que el ordenador ejecute las etapas del método. El programa informático está incluido en un soporte legible por ordenador de un producto de programa informático. El soporte legible por ordenador puede consistir esencialmente en cualquier memoria, tal como una memoria ROM (memoria de solamente lectura), una memoria PROM (memoria de solamente lectura programable), EPROM (memoria PROM borrrable), una memoria instantánea, una EEPROM (memoria EPROM eléctricamente borrrable) o una unidad de disco duro.

REIVINDICACIONES

1. Un método de comunicación de una representación de realimentación de precodificación de una transmisión de antenas múltiples en un sistema de comunicación inalámbrica, en donde una representación de una primera matriz de precodificación a_p de un primer libro de códigos A es objeto de comunicación, teniendo dicha primera matriz de precodificación a_p , M' filas y R' columnas y en donde M' y R' son números naturales y que comprende al menos una primera y una segunda sub-matriz caracterizado por cuanto que dicha primera matriz de precodificación está basada en al menos una segunda matriz de precodificación b_i y una tercera matriz de precodificación b_k , perteneciente a un segundo libro de códigos, B , teniendo dichas segunda y tercera matrices de precodificación M filas y R_1 columnas, en donde M y R_1 son números naturales y $M' > M$, $M \geq 2$ y $R_1 \geq 1$, en donde dichas primera y segunda sub-matrices están basadas en dichas segunda y tercera matrices de precodificación, respectivamente, y las columnas en dicha primera matriz de precodificación son ortogonales entre sí cuando $R' > 1$.
2. Un método de comunicación de una representación de realimentación de precodificación de una transmisión de antenas múltiples según la reivindicación 1, en donde la representación está basada en una representación de dichas segunda y terceras matrices de precodificación, respectivamente.
3. Un método de generación de un primer libro de códigos, A , de comunicación de antenas múltiples en un sistema de comunicación inalámbrica, que comprende al menos una primera matriz de precodificación a_p , teniendo dicha primera matriz de precodificación a_p , M' filas y R' columnas, en donde M' y R' son números naturales y que comprende al menos entre una primera y segunda sub-matriz, caracterizado por:
- la selección de al menos una segunda b_i y una tercera b_k matrices de precodificación pertenecientes a un segundo libro de códigos B , teniendo dichas segunda b_i y tercera b_k matrices de precodificación M filas y R_1 columnas, en donde M y R_1 son números naturales y $M' > M$, $M \geq 2$ y $R_1 \geq 1$; y
 - la obtención de dicha primera y segunda sub-matrices sobre la base de dichas segunda b_i y tercera b_k matrices de precodificación, respectivamente, de modo que las columnas en dicha primera matriz de precodificación a_p sean ortogonales entre sí cuando $R' > 1$.
4. El método según la reivindicación 3, que comprende la multiplicación de al menos una de dichas segunda y tercera matrices de precodificación en el proceso de generación del primer libro de códigos.
5. El Método según la reivindicación 4, en donde al menos una de dichas segunda y tercera matrices de precodificación se multiplica por un escalar complejo.
6. El método según la reivindicación 3, que comprende la permutación de las filas o de las columnas de al menos una de dichas segunda y tercera matrices de precodificación.
7. El método según la reivindicación 3, que comprende la eliminación de columnas desde al menos dos de dichas segunda y tercera matrices de precodificación con el fin de obtener R' columnas de la al menos una matriz resultante.
8. El método según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 7, que comprende:
- permutar las columnas de dicha primera matriz de precodificación a_p ; y/o
 - permutar las filas de dicha primera matriz de precodificación a_p .
9. El método según la reivindicación 3, en donde dicha primera matriz de precodificación a_p comprende una tercera y una cuarta sub-matrices basadas en una cuarta b_j y quinta b_m matriz de precodificación, respectivamente, perteneciendo dicha cuarta b_j y quinta b_m matrices de precodificación a dicho segundo libro de códigos B y teniendo M filas y R_2 columnas, en donde M y R_2 son números naturales.
10. El método según la reivindicación 9 que comprende:
- permutar las columnas de al menos una de dichas segunda b_i , tercera b_k , cuarta b_j y quinta b_m matrices de precodificación; y/o
 - permutar las filas de al menos una de dichas segunda b_i , tercera b_k , cuarta b_j y quinta b_m matrices de precodificación.
11. El método según la reivindicación 9, que comprende la multiplicación de al menos de una de dichas segunda b_i , tercera b_k , cuarta b_j y quinta b_m matrices de precodificación.
12. El método según la reivindicación 11, en donde al menos una de dichas segunda, tercera, cuarta y quinta

matrices de precodificación se multiplica por un escalar complejo.

13. El método según la reivindicación 11, en donde $R' = R_1 + R_2$.

14. El método según la reivindicación 13, en donde dicha primera matriz de precodificación a_p tiene la estructura:

$$a_p = \begin{pmatrix} b_i & b_j \\ b_k & -b_m \end{pmatrix}.$$

15. El método según la reivindicación 13, en donde $i = j$ y $k = m$, de modo que dicha primera matriz de precodificación a_p tiene la estructura:

$$a_p = \begin{pmatrix} b_i & b_i \\ b_k & -b_k \end{pmatrix}.$$

16. El método según la reivindicación 1 o 3, en donde $R' = R_1$.

17. El método según la reivindicación 1 o 3, en donde dicho segundo libro de códigos B es un libro de códigos utilizado en un sistema de comunicación del tipo de Evolución a Largo Plazo, LTE.

18. El método según la reivindicación 1 o 3, en donde dicho segundo libro de códigos B es un libro de códigos reducido de un libro de códigos utilizado en el sistema de comunicación Evolución a Largo Plazo, LTE, obtenido seleccionando un subconjunto de las matrices de precodificación en el libro de códigos para el sistema de comunicación de Evolución a Largo Plazo, LTE.

19. El método según la reivindicación 1, 3, 17 o 18, en donde dicho sistema de comunicación inalámbrica es un sistema de comunicación de Evolución a Largo Plazo, LTE-A, y dicho libro de códigos A se utiliza en una estación base, estación móvil y/o estación de retransmisión.

20. El uso de un libro de códigos según se genera en la reivindicación 3 para informar de la realimentación de precodificación o para la precodificación de una transmisión de antenas múltiples en un sistema de comunicación inalámbrica.

21. Un aparato de comunicación de una representación de realimentación de precodificación de transmisión de antenas múltiples en un sistema de comunicación inalámbrica, en donde se comunica una representación de una primera matriz de precodificación a_p de un primer libro de códigos A , teniendo dicha primera matriz de precodificación a_p M' filas y R' columnas, en donde M' y R' son números naturales y que comprende al menos una primera y una segunda sub-matriz, caracterizado por medios de procesamiento dispuestos para decidir sobre una matriz de precodificación desde un libro de códigos predefinido que es el primer libro de códigos, A , estando dicha primera matriz de precodificación basada en al menos una segunda matriz de precodificación b_i y una tercera matriz de precodificación b_k , pertenecientes a un segundo libro de códigos, B , teniendo dichas segunda y tercera matrices de precodificación M filas y R_1 columnas, en donde M y R_1 son números naturales y $M' > M$, $M \geq 2$ y $R_1 \geq 1$; en donde dichas primera y segunda sub-matrices están basadas en dichas segunda y tercera matrices de precodificación, respectivamente y las columnas en dicha primera matriz de precodificación son ortogonales entre sí cuando $R' > 1$.

22. Un aparato de comunicación de una representación de realimentación de precodificación de transmisión de antenas múltiples según la reivindicación 21, en donde el aparato comprende circuitos de estimación de canal y medios de procesamiento para determinar una representación de realimentación de precodificación, en consecuencia.

23. Un aparato de comunicación de una representación de una realimentación de precodificación de transmisión de antenas múltiples según la reivindicación 21, en donde el aparato comprende:

medios de recepción para recibir la representación de la realimentación de precodificación, y

medios de transmisión para transmitir datos precodificados a través de antenas múltiples.

24. Un aparato de comunicación de una representación de realimentación de precodificación de transmisión de antenas múltiples según la reivindicación 21 que comprende medios de procesamiento para la precodificación de transmisión de antenas múltiples en un sistema de comunicación inalámbrica en conformidad con el primer libro de

códigos, A.

- 5 **25.** Un producto de generación de un primer libro de códigos A que comprende al menos una primera matriz de precodificación a_p de transmisión de antenas múltiples en un sistema de comunicación inalámbrica, teniendo dicha primera matriz de precodificación a_p un número M' de filas y un número R' de columnas y que comprende al menos una primera y una segunda sub-matrices, estando dicho producto caracterizado por estar:
- 10 - configurado para seleccionar al menos una segunda b_i y una tercera b_k matrices de precodificación pertenecientes a un segundo libro de códigos B, teniendo dichas segunda b_i y tercera b_k matrices de precodificación un número M de filas y un número R de columnas, en donde $M' > M$, $M \geq 2$ y $R' \geq 1$; y
- 15 - configurado, además, para obtener dichas primera y segunda sub-matrices sobre la base de dicha segunda b_i y tercera b_k matrices de precodificación, respectivamente, de modo que las columnas en dicha primera matriz de precodificación a_p sean ortogonales entre sí cuando $R' > 1$.
- 20 **26.** El producto según la reivindicación 25, que comprende un soporte legible por ordenador que tiene medios de códigos de programas informáticos, incluyendo dicho soporte legible por ordenador uno o más medios de entre el grupo: ROM (memoria de solamente lectura), PROM (memoria ROM programable), EPROM (memoria PROM borrrable), memoria instantánea, EEPROM (EPROM eléctricamente borrrable) y una unidad de disco duro.
- 25 **27.** Un dispositivo adaptado para utilizar un primer libro de códigos generado A en la reivindicación 3 para la precodificación de una transmisión de antenas múltiples en un sistema de comunicación inalámbrica.
- 30 **28.** Un dispositivo adaptado para utilizar un primer libro de códigos generado A en la reivindicación 3 para informar de la realimentación de precodificación.
- 29.** Un elemento de código de programa informático caracterizado por un medio de código que cuando se ejecuta en un ordenador hace que dicho ordenador ejecute el método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19.
- 35 **30.** Un medio de soporte legible por ordenador que comprende un primer libro de códigos A generado en conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 19.

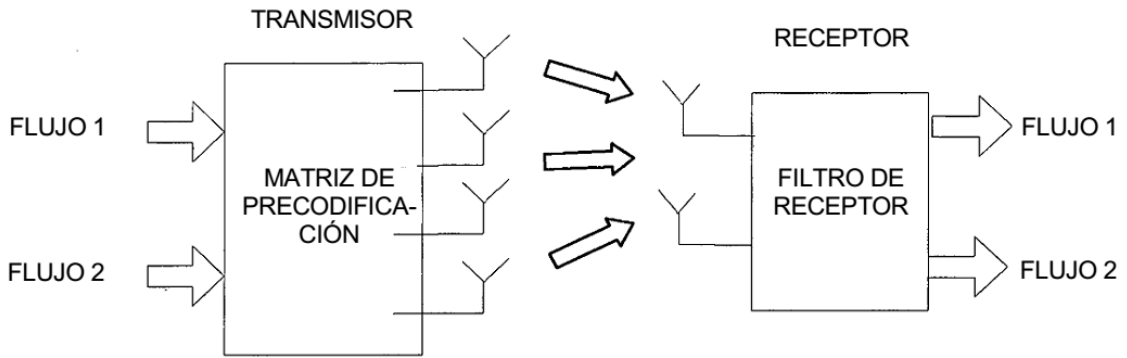


Figura 1

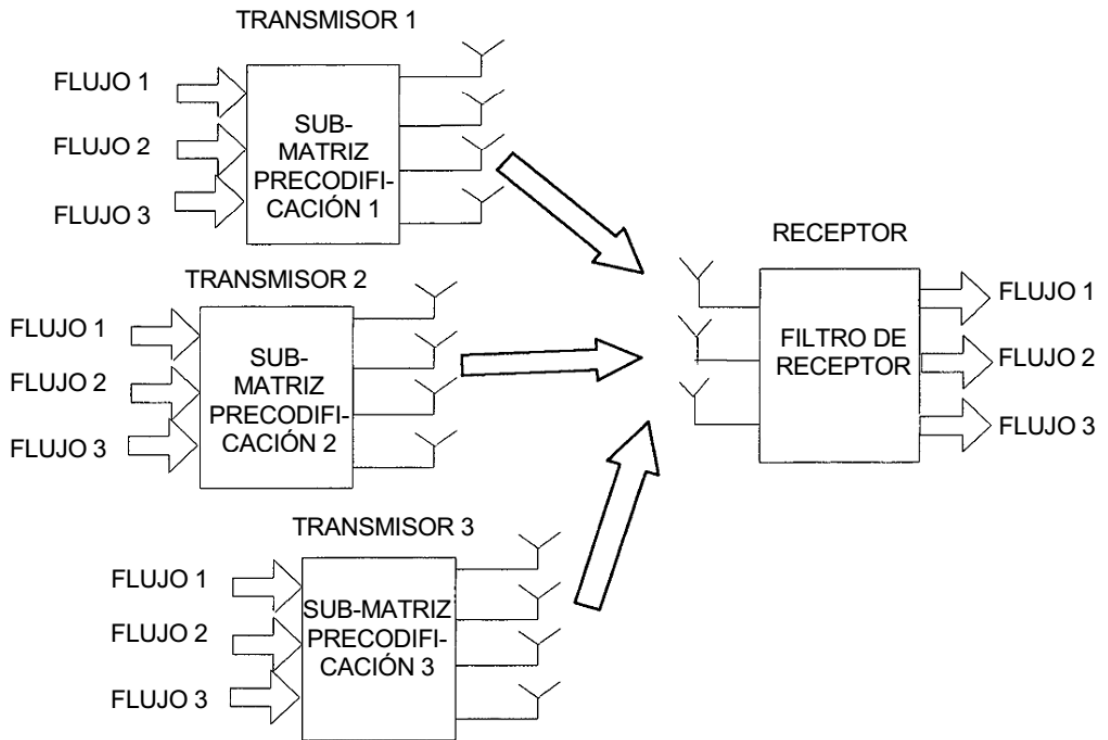


Figura 2

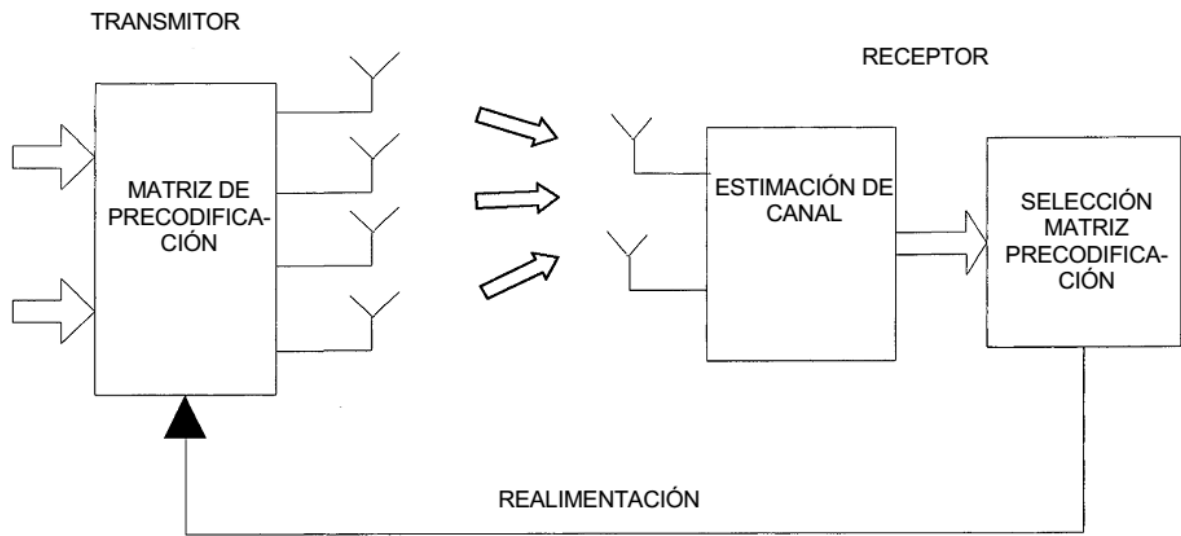


Figura 3

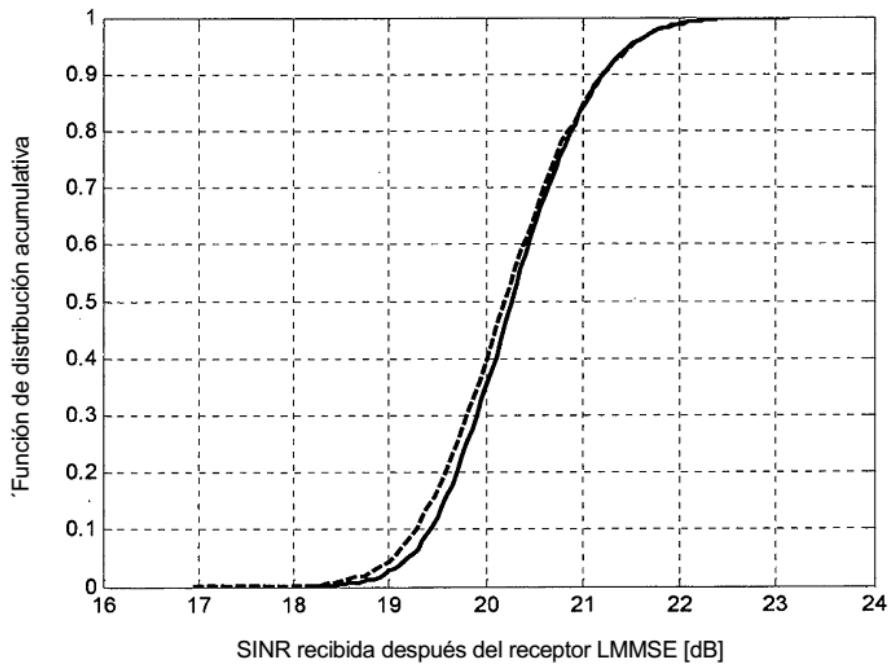


Figura 4

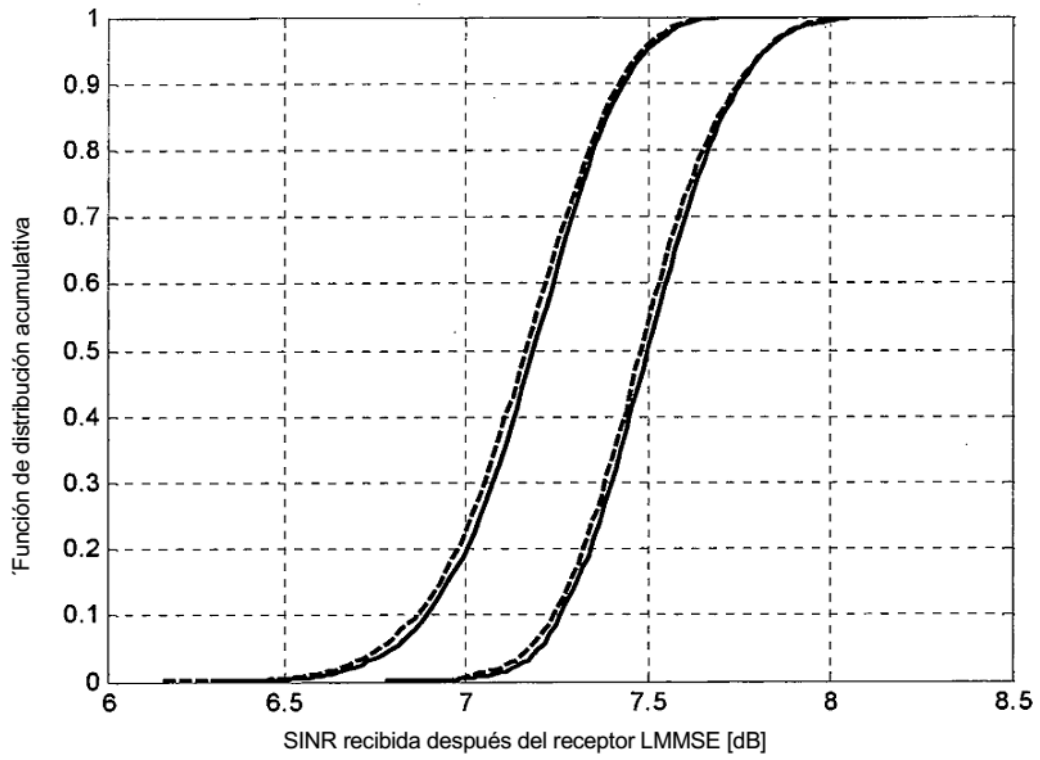


Figura 5

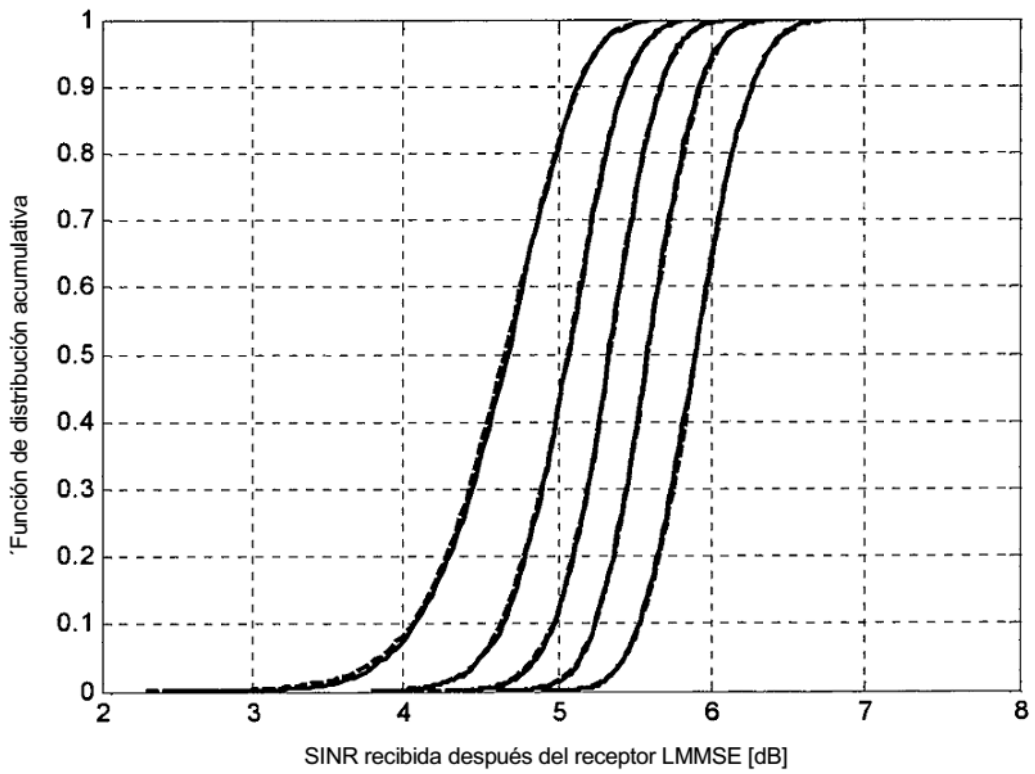


Figura 6

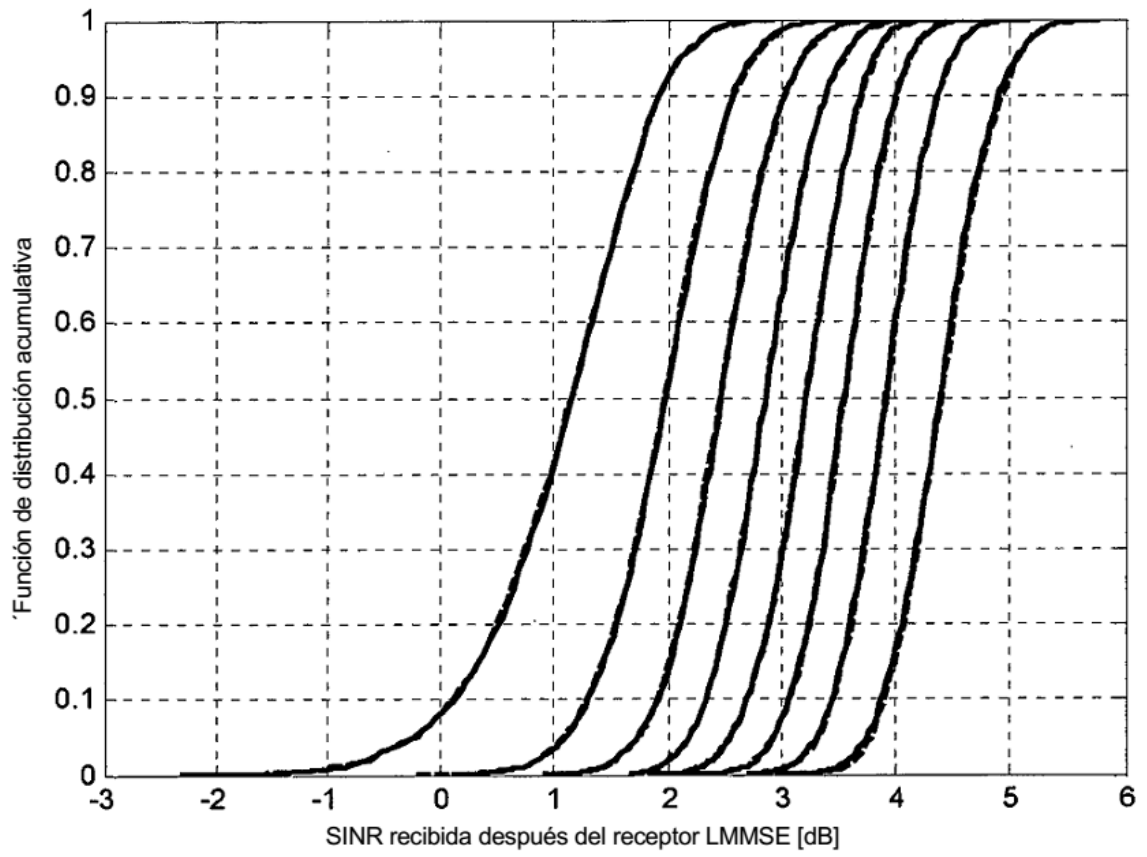


Figura 7