

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 600 493**

51 Int. Cl.:

H04B 7/06 (2006.01)

H04B 7/04 (2006.01)

H04L 25/49 (2006.01)

H04L 25/03 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.11.2010** **E 14199010 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.07.2016** **EP 2884674**

54 Título: **Un método y un aparato para usar precodificación factorizada**

30 Prioridad:

25.11.2009 US 264495 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.02.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

JÖNGREN, GEORGE y
HAMMARWALL, DAVID

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 600 493 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

Un método y un aparato para usar precodificación factorizada

5 Solicitudes relacionadas

Esta solicitud reivindica prioridad de la solicitud provisional de patente de EE.UU. presentada el 25 de noviembre de 2009 y a la que se asignó el número de solicitud 61/264495.

10 Campo técnico

La presente invención se refiere en general a la precodificación de señales de transmisión y se refiere en particular al uso de precodificación factorizada.

15 Antecedentes

Las técnicas multi-antena pueden aumentar significativamente las velocidades de transferencia de datos y la fiabilidad de un sistema de comunicación inalámbrico. El rendimiento se mejora, en particular, si tanto el transmisor como el receptor están equipados con múltiples antenas, lo que tiene como resultado un canal de comunicación de múltiple entrada múltiple salida (MIMO). Dichos sistemas y/o las técnicas relacionadas son referidos comúnmente como MIMO.

El estándar LTE está evolucionando actualmente con soporte MIMO mejorado. Un componente esencial de LTE es el soporte de despliegues de antenas MIMO y técnicas relacionadas con MIMO. Una hipótesis de trabajo actual en LTE avanzado es el soporte de un modo de multiplexación espacial de 8 capas, posiblemente con precodificación dependiente del canal. El modo de multiplexación espacial está destinado para altas velocidades de transferencia de datos en condiciones de canal favorables. De acuerdo con tal multiplexación, un vector s de símbolos que lleva información se multiplica por una $N_T \times r$ matriz de precodificador, $W_{N_T \times r}$, que sirve para distribuir la energía de transmisión en un subespacio del espacio vectorial N_T dimensional (correspondiente a N_T puertos de antena).

La matriz de precodificador se selecciona habitualmente desde un libro de código de posibles matrices de precodificador, y se indica habitualmente por medio de un indicador de matriz de precodificador (PMI), que especifica una matriz de precodificador única en el libro de código. Si la matriz de precodificador está confinada a tener columnas ortonormales, entonces el diseño del libro de código de matrices de precodificador corresponde a un problema de empaquetamiento en el subespacio de Grassmannian. Los símbolos r en s corresponden cada uno a una capa, y r es referido como el rango de transmisión. De este modo, se consigue multiplexación espacial puesto que se pueden transmitir simultáneamente múltiples símbolos sobre el mismo elemento de recursos (RE). El número de símbolos r se adapta habitualmente para adecuarse a las propiedades actuales del canal.

LTE utiliza OFDM en el enlace descendente (y OFDM precodificado con DFT en el enlace ascendente) y por lo tanto el vector $N_R \times 1$ recibido y_n para un cierto elemento de recurso en la subportadora n (o, alternativamente, el número n de RE de datos), asumiendo que no hay interferencia entre células, está por lo tanto modelado por

$$y_n = H_n W_{N_T \times r} s_n + e_n$$

donde e_n es un vector ruido obtenido como la realización de un proceso aleatorio. El precodificador, $W_{N_T \times r}$, puede ser un precodificador de banda ancha, que es constante en frecuencias, o selectivo en frecuencias. La matriz de precodificador se elige a menudo para adaptarse a las características del canal H de MIMO $N_R \times N_T$, lo que tiene como resultado una denominada precodificación dependiente del canal. Esto también es referido comúnmente como una precodificación de bucle cerrado y esencialmente persigue focalizar la energía de transmisión en un subespacio que es fuerte en el sentido de transportar gran parte de la energía transmitida al UE. Además, la matriz de precodificador se puede seleccionar también persiguiendo la ortogonalización del canal, lo que significa que después de una ecualización lineal apropiada en el UE se reduce la interferencia entre capas.

En la precodificación en bucle cerrado, el UE transmite, basándose en mediciones de canal en el enlace hacia delante (enlace descendente), recomendaciones al eNodeB sobre la utilización de un precodificador adecuado. Se puede retroalimentar un solo precodificador que se supone cubre un gran ancho de banda (precodificación de banda ancha). Puede ser beneficioso también adaptarse a las variaciones de frecuencia del canal y en vez de retroalimentar un informe de precodificación selectivo en frecuencias, por ejemplo, varios precodificadores, uno por cada sub-banda. Este es un ejemplo del caso más general de retroalimentación de la información del estado del canal (CSI), que abarca también retroalimentar a otras entidades diferentes a los precodificadores para ayudar al eNodeB en las posteriores transmisiones al UE. Dicha otra información puede incluir indicadores de calidad del canal (los CQI) así como un indicador del rango (RI) de transmisión.

Un problema con la precodificación de bucle cerrado es la sobrecarga de retroalimentación provocada señalizando un indicador de matriz de precodificador (PMI) y un indicador de rango de precodificador (es decir, un RI) - especialmente en sistemas con grandes configuraciones de antenas en las que existen muchas dimensiones de canal a caracterizar. Con el diseño de retroalimentación del estado de la técnica, la sobrecarga de retroalimentación para sistemas con muchas antenas de transmisión tendrá como resultado, en muchos casos, una sobrecarga no razonable de la retroalimentación. La complejidad puede ser también un problema si se utilizan esquemas de retroalimentación convencionales cuando aumenta el tamaño del conjunto de antenas. A este respecto, buscar el "mejor" precodificador entre matrices de precodificador candidatas en un libro de código grande es computacionalmente exigente, dado que implica esencialmente una búsqueda exhaustiva sobre un gran número de entradas del libro de código.

El documento WO 2007/092539 divulga la utilización de libros de código de casquete polar, que representan desviaciones en el canal con respecto a palabras de código de un libro de código de gama completa.

15 Sumario

Los problemas anteriores se resuelven mediante los métodos y aparatos de las reivindicaciones independientes.

De acuerdo con uno o más aspectos, las explicaciones del presente documento mejoran la retroalimentación de la información del estado del canal (CSI) del equipo de usuario (UE), permitiendo que la parte de precodificador de un informe de retroalimentación de CSI comprenda retroalimentación de precodificador factorizado. En una o varias de dichas realizaciones, la retroalimentación de precodificador factorizado corresponde por lo menos a dos matrices de precodificador, incluida una matriz de precodificador de "conversión" recomendada y una matriz de precodificador de "ajuste" recomendada. La matriz de precodificador de conversión recomendada restringe el número de dimensiones de canal consideradas por la matriz de precodificador de ajuste recomendada y, a su vez, la matriz de precodificador de ajuste recomendada adapta la matriz de precodificador recomendada a un canal eficaz que está definido en parte mediante dicha matriz de precodificador de conversión recomendada.

Además, la matriz de precodificador de conversión recomendada tiene dimensiones de fila-columna de $N_T \times k$, donde el número de filas N_T es igual al número de puertos de antena de transmisión en el dispositivo primero y el número de columnas k es igual a la dimensión de conversión, que es menor que el valor de N_T , para restringir de ese modo el número de dimensiones de canal consideradas por la matriz de precodificador de ajuste recomendada. El precodificador de conversión se notifica habitualmente, pero no necesariamente, con una granularidad más basta en tiempo y/o frecuencia que el precodificador de ajuste para ahorrar sobrecarga de señalización y/o complejidad.

Un aspecto particular es que la dimensión k de conversión no es necesariamente igual al número de puertos de antena N_T y está configurada mediante el dispositivo primero que, por ejemplo, puede ser un eNodeB de LTE, o está configurada por el dispositivo segundo que, por ejemplo, puede ser un terminal móvil de LTE u otro tipo de UE. Para un N_T dado, el rango r de transmisión y la dimensión k de conversión están relacionados como $N_T \geq k \geq r$, por lo tanto están disponibles varios posibles valores de k y r . Un aspecto particular es que existe por lo menos una combinación de N_T y r para la que k puede adoptar al menos dos valores diferentes. Específicamente, k puede ser estrictamente menor que N_T , ofreciendo la posibilidad de reducción de dimensiones. Otro aspecto es que existe al menos una combinación de N_T y k para la que r puede adoptar al menos dos valores diferentes.

Las recomendaciones de matrices de precodificador de conversión y de ajuste, incluida la selección de la dimensión k de conversión y del rango r de transmisión, se realizan habitualmente mediante el dispositivo segundo, de manera que el dispositivo segundo utiliza la retroalimentación de precodificador factorizado para proporcionar al dispositivo primero una matriz de precodificador recomendada. Consecuentemente, el dispositivo primero recibe la matriz de precodificador recomendada por medio de dicha retroalimentación, pero no necesariamente sigue dicha recomendación sino que puede obtener información del estado del canal a partir de la retroalimentación que se utiliza para determinar la operación de precodificación aplicada. Una alternativa contemplada en el presente documento es que algunas partes, o la totalidad de estos parámetros, son configuradas por el dispositivo primero. Estas determinaciones se señalizan desde el dispositivo primero al dispositivo segundo, el cual utiliza dicha información para determinar los parámetros restantes que representan una recomendación de precodificación.

55 Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama de bloques de realizaciones de ejemplo de un dispositivo primero y un dispositivo segundo, donde el dispositivo segundo está configurado para enviar recomendaciones de precodificación al dispositivo primero por medio de retroalimentación de precodificador factorizado.

La figura 2 es un diagrama de bloques de detalles adicionales de ejemplo para los dispositivos introducidos en la figura 1.

Las figuras 3A y 3B ilustran libros de código de ejemplo para mantener la información de precodificador de conversión y ajuste, de acuerdo con las explicaciones presentadas en el presente documento.

La figura 4 es un diagrama de bloques de una realización de un circuito precodificador configurado para precodificar transmisiones de acuerdo con las explicaciones del presente documento.

5 La figura 5 es un diagrama de flujo lógico de una realización de un método de generación y envío de retroalimentación de precodificador factorizado a un dispositivo segundo, para proporcionar recomendaciones de precodificación a un dispositivo primero.

10 La figura 6 es un diagrama de flujo lógico de una realización de un método de recepción y evaluación en un dispositivo primero, de retroalimentación de precodificador factorizado, donde dicha retroalimentación de precodificador factorizado proporciona recomendaciones de precodificación desde un dispositivo segundo.

Descripción detallada

15 La figura 1 ilustra un dispositivo primero 10 ("Dispositivo 1") que transmite una señal precodificada 12 a un dispositivo segundo 14 ("Dispositivo 2") utilizando un cierto número de antenas 16 de transmisión. A su vez, el dispositivo segundo 14 incluye un cierto número de antenas 18 para recibir la señal precodificada 12 y para transmitir datos de retorno y señalización al dispositivo primero 10, incluyendo la retroalimentación 20 de precodificador factorizada. La retroalimentación 20 de precodificador factorizado comprende recomendaciones de precodificador para el dispositivo primero 10. El dispositivo primero 10 considera, pero no necesariamente sigue, las recomendaciones de precodificación incluidas en la retroalimentación 20 de precodificador factorizado cuando determina la operación de precodificación que utiliza para generar la señal precodificada 12. Sin embargo, en un aspecto ventajoso de las explicaciones presentadas en este documento, la retroalimentación 20 de precodificador factorizado ofrece una eficiencia mejorada significativamente en términos del procesamiento necesario para determinar la retroalimentación 20 de precodificador factorizado y/o en términos de la sobrecarga de señalización necesaria para enviar la retroalimentación 20 de precodificador factorizado.

En al menos una realización, el dispositivo segundo 14 recomienda una matriz de precodificador al dispositivo primero 10 indicando una matriz de precodificador de conversión recomendada al dispositivo primero 10 y/o indicando una matriz de precodificador de ajuste recomendada al dispositivo primero 10. En al menos una de dichas realizaciones, la retroalimentación 20 de precodificador factorizado comprende señalización que proporciona dichas indicaciones al dispositivo primero 10. Por ejemplo, en al menos una realización, el dispositivo segundo 14 "mantiene" (almacena) uno o varios libros 22 de código que incluyen cierto número de matrices 24 de precodificador de conversión posibles y cierto número de matrices 26 de precodificador de ajuste posibles. El dispositivo primero 10 mantiene el mismo o los mismos libros 22 de código (o, equivalentemente, almacena información de libro de código que se obtiene, o depende de las entradas del libro de código mantenidas en el dispositivo segundo 14).

En una o varias de dichas realizaciones, el dispositivo segundo 14 envía valores de índice de matriz de precodificador (PMI), donde dichos valores identifican las entradas de libro de código que representan recomendaciones de matriz de precodificador a considerar por el dispositivo primero 10 en la determinación de la operación de precodificación a aplicar en la generación de la señal precodificada 12. Por ejemplo, representando la matriz de precodificador recomendada como W , la retroalimentación 20 de precodificador factorizado comprende al menos en una realización un valor de índice que identifica una en particular de las matrices 24 de precodificador de conversión posibles como una matriz de precodificador de conversión recomendada, indicada como W_1 , y comprende además un valor de índice que identifica una en particular de las matrices 26 de precodificador de conversión posibles como una matriz de precodificador de ajuste recomendada, indicada como W_2 . El dispositivo 10 está configurado correspondientemente para formar la matriz de precodificador recomendada W como el producto (multiplicación matricial) de la matriz W_1 de precodificador de conversión recomendada y la matriz W_2 de precodificador de ajuste recomendada. Es decir, $W = W_1 \times W_2$. El dispositivo 10 considera la matriz de precodificador recomendada W en la determinación de la operación de precodificación que aplica. Por ejemplo, formula una matriz de precodificador utilizada para generar la señal precodificada 12 basándose al menos en parte en el precodificador recomendado W .

Por lo tanto, al recibir la retroalimentación 20 de precodificador factorizado, el dispositivo primero 10 es informado de las matrices de precodificador de conversión y de ajuste recomendadas W_1 y W_2 , y considera la CSI indicada mediante dicha retroalimentación al determinar sus operaciones de precodificación. El dispositivo primero 10 evalúa W , por ejemplo, para determinar si conforma o no sus operaciones de precodificación a la matriz de precodificador recomendada W . Es decir, el dispositivo primero 10 recibe y comprende la retroalimentación 20 de precodificador factorizado, pero la operación de precodificación aplicada realmente por el dispositivo primero 10 puede o no seguir las recomendaciones de precodificador procedentes del dispositivo segundo 14. La precodificación real en el dispositivo primero 10 depende de cierto número de factores más allá de las recomendaciones recibidas desde el dispositivo segundo 10.

A modo de ejemplo no limitativo, la figura 2 ilustra una realización del primer y el dispositivo segundos 10 y 14. De acuerdo con el ejemplo ilustrado, el dispositivo primero 10 comprende un receptor 34 configurado para recibir la retroalimentación 20 de precodificador factorizado desde el dispositivo segundo 14. Tal como se ha descrito, la

retroalimentación 20 de precodificador factorizado indica al menos una entre una matriz (W_1) de precodificador de conversión recomendada y una matriz (W_2) de precodificador de ajuste recomendada, que representan conjuntamente una matriz de precodificador recomendada (W) que es una multiplicación matricial de las matrices de precodificador de conversión y de ajuste recomendadas. Tal como se detallará en mayor medida más adelante en el presente documento, la matriz de precodificador de conversión recomendada restringe el número de dimensiones de canal consideradas por la matriz de precodificador de ajuste recomendada, y la matriz de precodificador de ajuste recomendada adapta la matriz de precodificador recomendada a un canal eficaz que está definido, en parte, por la matriz de precodificador de conversión recomendada.

El dispositivo primero 10 comprende además un transmisor 36 que incluye un circuito precodificador 38. El transmisor 36 está configurado para determinar una operación de precodificación para generar la señal precodificada 12, basándose al menos en parte en la evaluación de dicha matriz de precodificador recomendada. En este caso, la "operación de precodificación" se entenderá como la precodificación que es utilizada de hecho por el dispositivo primero 10 para generar la señal precodificada 12, y puede o no seguir la matriz de precodificador recomendada correspondiente a las matrices de precodificador de conversión y de ajuste recomendadas. El transmisor 36 está configurado para transmitir la señal precodificada 12 al dispositivo segundo 14, donde la señal precodificada 12 está precodificada de acuerdo con la operación de precodificación, aplicada por el dispositivo 10.

Para determinar la operación de precodificación real a utilizar, el transmisor 36 está configurado, por ejemplo, para determinar si utiliza o no la matriz de precodificador recomendada como una matriz de precodificador utilizada realmente en el circuito precodificador 38 para generar la señal precodificada 12. Es decir, la operación de precodificación llevada a cabo por el dispositivo primero 10 puede o no seguir la operación de precodificación recomendada, dependiendo de cierto número de condiciones. Sin embargo, se comprenderá que el dispositivo primero 10 puede seguir las recomendaciones y, en este caso, está configurado para comprender y considerar la retroalimentación 20 de precodificador factorizado, como base para identificar tales recomendaciones.

Además, en al menos una realización, el dispositivo primero 10 está configurado para mantener uno o varios libros 22 de código como una tabla bidimensional 28 de posibles matrices de precodificador. Véase la figura 3A para una tabla 28 de ejemplo, donde se comprenderá que la tabla 28 es, por ejemplo, una estructura de datos almacenada en una memoria del dispositivo 10. La tabla 28 incluye cierto número de entradas numéricas representadas individualmente por "W" en la ilustración. Cada W es una posible matriz de precodificador formada como la multiplicación matricial de una combinación particular de matrices 24 y 26 de precodificador de conversión y de ajuste posibles. Es decir, alguna o todas las W_s de la tabla 28 representan el producto de un emparejamiento diferente de una matriz 24 de precodificador de conversión posible y una matriz 26 de precodificador de ajuste posible. Por lo tanto, cada fila (o columna) de la tabla 28 corresponde a una en particular de una pluralidad de matrices 24 de precodificador de conversión posibles, y cada columna (o fila) de la tabla 28 corresponde a una en particular de una pluralidad de matrices 26 de precodificador de ajuste posibles.

En tal realización, la retroalimentación 20 de precodificador factorizado comprende al menos un valor de índice de fila y un valor de índice de columna, para identificar una en particular de dichas posibles matrices de precodificador en la tabla 28, como la matriz de precodificador recomendada. Cada valor de índice de fila (o columna) se puede comprender como que representa una recomendación de precodificador de conversión particular, y cada valor de índice de columna (o fila) se puede comprender como que representa una recomendación de precodificador de ajuste particular.

Nótese que los valores de índice de fila y de columna se pueden retroalimentar con una granularidad diferente, y nótese que con tales realizaciones las matrices 24 de precodificador de conversión posibles y las matrices 26 de precodificador de ajuste posibles no están especificadas explícitamente en libros de código separados; en cambio, el producto de una matriz 24 de precodificador de conversión posible particular y una matriz 26 de precodificador de ajuste posible particular está almacenado en una célula de la tabla 28.

Se comprenderá que en tales realizaciones el dispositivo segundo 14 puede estar configurado también para mantener una tabla similar 28 en una memoria del dispositivo segundo 14. De esa manera, a continuación, el dispositivo segundo 14 determina el valor o valores de índice de la tabla correspondientes a sus recomendaciones de precodificador y envía indicaciones de esos valores de vuelta al dispositivo primero 10 por medio de la retroalimentación 20 de precodificador factorizado. Es decir, el dispositivo segundo 14 envía de vuelta valores de índice de fila y/o valores de índice de columna, como la retroalimentación 20 de precodificador factorizado. (En la medida en que el dispositivo primero 10 selecciona el precodificador de conversión, por ejemplo, el dispositivo segundo 14 no tiene necesariamente que enviar de vuelta valores de índice tanto de fila como de columna).

En otra realización, tal como la propuesta en la figura 1, el dispositivo primero 10 está configurado para mantener uno o varios libros 22 de código de matrices 24 de precodificador de conversión posibles y de matrices 26 de precodificador de ajuste posibles. Correspondientemente, el receptor 34 del dispositivo primero 10 está configurado para recibir la retroalimentación 20 de precodificador factorizado como al menos un valor de índice que indica al menos una de: una en particular de las matrices 24 de precodificador de conversión posibles como el precodificador de conversión recomendado, y una en particular de las matrices 26 de precodificador de ajuste posibles como la

matriz de precodificador de ajuste recomendada.

La figura 3B ilustra un ejemplo de tal realización, donde el dispositivo primero 10 está configurado para mantener uno o varios libros 22 de código manteniendo un libro 30 de código primero de las matrices 24 de precodificador de conversión posibles y un segundo libro 32 de código de las matrices 26 de precodificador de ajuste posibles. En tales realizaciones, la retroalimentación 20 de precodificador factorizado comprende al menos uno de un valor de índice primero para el libro 30 de código primero y un valor de índice segundo para el libro 32 de código segundo. Se comprenderá que el dispositivo segundo 14 mantiene copias de uno o ambos de los libros 3 y 32 de código.

Independientemente de la organización particular de los libros de código, en al menos una realización, el dispositivo primero 10 mantiene uno o varios libros 22 de código de matrices 24 de precodificador de conversión posibles y matrices 26 de precodificador de ajuste posibles, donde cada matriz 24 de precodificador de conversión posible tiene una configuración particular. En particular, cada una de las matrices de precodificador de conversión posibles tiene dimensiones de fila-columna de $N_T \times k$, donde el número de filas N_T es igual al número de puertos de antena de transmisión en el dispositivo primero 10 y el número de columnas k es igual a la dimensión de conversión, que es menor o igual que el valor de N_T , para limitar de ese modo el número de dimensiones de canal consideradas por la matriz de precodificador de ajuste recomendada. Se comprenderá que el dispositivo segundo 14 puede mantener uno o varios libros 22 de código estructurados análogamente.

Véase la figura 4 para una implementación de ejemplo del circuito precodificador 38, que incluye un precodificador 50 que precodifica señales para su transmisión mediante el dispositivo primero 10 de acuerdo con una operación de precodificación que, tal como se ha indicado, se determina al menos en parte basándose en la evaluación del precodificador recomendado que se determina a partir de la retroalimentación 20 de precodificador factorizado. En mayor detalle, el circuito precodificador 38 incluye circuitos 52 de procesamiento de capas que procesan símbolos de entrada en un vector de símbolos s para cada capa (multiplexación espacial) en uso (por ejemplo, "Capa 1", "Capa 2", y así sucesivamente).

Esos vectores de símbolo son precodificados de acuerdo con la propia matriz de precodificación adoptada por el precodificador 50, y los vectores precodificados se pasan al circuito 54 de procesamiento de transformada rápida de Fourier inversa (IFFT), y a continuación las salidas de ese circuito se aplican a unas respectivas de los puertos 56 de antena N_T . Se comprenderá que el número de puertos de antena N_T que están disponibles para su utilización mediante el dispositivo primero 10 en la realización de transmisiones precodificadas define el número máximo de dimensiones de canal consideradas por las operaciones de precodificación del dispositivo primero 10. Tal como se explica en mayor detalle más adelante en el presente documento, el tamaño y/o la complejidad de uno o varios libros 22 de código (y de la retroalimentación de precodificación 2) se puede reducir ventajosamente restringiendo el número de dimensiones de canal consideradas inferiores a N_T .

En la realización anterior, al menos una de las matrices 24 de precodificador de conversión posibles comprende una matriz diagonal por bloques. Además, al menos una de las matrices 26 de precodificador de ajuste posibles tiene filas de matriz que cambian una configuración de fase de los bloques en la matriz diagonal por bloques. En este caso, se puede comprender que cada bloque en la matriz diagonal por bloques, en un sentido de formación de haces, genera un conjunto de haces que se emiten desde un respectivo subconjunto de N_T puertos 56 de antena, y la "configuración de fase" en cuestión representa los desplazamientos de fase entre haces sobre ambos bloques de la matriz diagonal por bloques.

Además, en al menos una realización, la dimensión k de conversión está configurada mediante el dispositivo primero 10 o mediante el dispositivo segundo 14. Es decir, la dimensión k de conversión es un parámetro configurable. En el caso de que la dimensión k de conversión esté configurada por el dispositivo primero 10, el dispositivo primero 10 está configurado para señalar una indicación de la dimensión k de conversión desde el dispositivo primero 10 hasta el dispositivo segundo 14. Correspondientemente, el dispositivo segundo 14, en tal caso, está configurado para recibir el valor señalado de la dimensión k de conversión, y para considerar dicho valor en la realización de sus recomendaciones de precodificación -es decir, limita su selección de una matriz de precodificador de conversión recomendada en vista del valor señalado de k -.

Además, en al menos una realización, la matriz de precodificador de conversión recomendada es seleccionada por el dispositivo primero 10, en lugar de por el dispositivo segundo 14. En tal caso, el dispositivo primero 10 está configurado para señalar al dispositivo segundo 14 una indicación de la matriz de precodificador de conversión recomendada. Correspondientemente, el dispositivo segundo 14 está configurado para recibir una indicación de la matriz de precodificador de conversión recomendada desde el dispositivo primero 10, y para utilizar dicha indicación señalizada en su selección de una matriz de precodificador de ajuste recomendada -es decir, el dispositivo segundo 14 limita su consideración de matrices 26 de precodificador de ajuste posibles a las matrices que son adecuadas (en términos de dimensión) para su utilización con la matriz de precodificador de conversión recomendada.

Como una ventaja adicional de las explicaciones del presente documento, en una o varias realizaciones, uno o varios libros 22 de código incluyen un conjunto de matrices 24 de precodificador de conversión posibles, de tal modo que el número de vectores únicos que forman una columna particular del conjunto de matrices de precodificador de

conversión posibles es mayor que el número de vectores únicos que forman otra columna del conjunto de matrices de precodificador de conversión posibles.

5 Además, en al menos una realización, el dispositivo primero 10 está configurado para recibir la retroalimentación 20 de precodificador factorizado desde el dispositivo segundo 14 como una primera señalización recibida por el dispositivo primero 10 en una primera granularidad en tiempo o frecuencia que indica la matriz de precodificador de conversión recomendada, y como una segunda señalización recibida por el dispositivo primero 10 en una segunda granularidad en tiempo o frecuencia que indica la matriz de precodificador de ajuste recomendada. En particular, la primera granularidad es más basta que la segunda granularidad. Correspondientemente, el dispositivo segundo 14 está configurado para señalar la matriz de precodificador de conversión recomendada en la primera granularidad, y para señalar la matriz de precodificador de ajuste recomendada en la segunda granularidad.

15 De forma más general, y haciendo referencia a la figura 2, se comprenderá que el dispositivo segundo 14 está configurado para indicar una matriz de precodificador recomendada en el dispositivo primero 10. En apoyo de esa configuración, la realización de ejemplo del dispositivo segundo 14 comprende un receptor 40 que está configurado para estimar condiciones de canal con respecto al dispositivo primero 10. A este respecto, el dispositivo segundo 14 recibe, por ejemplo, señales de referencia específicas por antena para los puertos de antena N_T 56. Estas señales permiten al receptor 40 realizar estimaciones de canal por antena, que permiten al dispositivo segundo 14 determinar, por ejemplo, el número de capas de multiplexación espacial que puede soportar y utilizar, por tanto, esa determinación en la realización de recomendaciones de precodificador al dispositivo primero 10.

20 Correspondientemente, el receptor 40 está configurado además para determinar la retroalimentación 20 de precodificador factorizado basándose al menos en parte en las condiciones de canal. Tal como se ha señalado anteriormente, la retroalimentación 20 de precodificador factorizado indica por lo menos una entre una matriz de precodificador de conversión recomendada y una matriz de precodificador de ajuste recomendada, donde las matrices de precodificador de conversión y de ajuste recomendadas representan conjuntamente una matriz de precodificador recomendada que es una multiplicación matricial de las matrices de precodificador de conversión y de ajuste recomendadas.

30 Tal como antes, la matriz de precodificador de conversión recomendada restringe el número de dimensiones de canal consideradas por la matriz de precodificador de ajuste recomendada y la matriz de precodificador de ajuste recomendada adapta la matriz de precodificador recomendada a un canal eficaz entre los dispositivos primero y segundo 1 y 14, que está definido en parte por la matriz de precodificador de conversión recomendada. El dispositivo segundo 14 incluye además un transmisor 42 configurado para enviar la retroalimentación 20 de precodificador factorizado al dispositivo primero 10, para indicar al dispositivo primero 10 la matriz de precodificador recomendada.

40 Con los anteriores ejemplos de los dispositivos primero y segundo en mente, la figura 5 ilustra una realización del método implementado en el dispositivo primero 10 de acuerdo con las explicaciones del presente documento. El método mostrado 500 proporciona transmisiones de precodificación desde el dispositivo primero 10 al dispositivo segundo 14. El método 500 incluye recibir retroalimentación 20 de precodificador factorizado desde el dispositivo segundo 14 (bloque 502), donde dicha retroalimentación indica a menos una entre una matriz de precodificador de conversión recomendada y una matriz de precodificador de ajuste recomendada (con la estructura/naturaleza detallada anteriormente). El método 500 incluye además determinar una operación de precodificación (para precodificación en el dispositivo segundo 14) basándose al menos en parte en la evaluación de dicha matriz de precodificador recomendada (bloque 504). Además, el método incluye transmitir una señal precodificada 12 al dispositivo segundo 14 que está precodificada de acuerdo con la operación de precodificación determinada (bloque 506).

50 La figura 6 ilustra un ejemplo correspondiente de un método 600 implementado en el dispositivo segundo 14, donde ese método incluye estimar condiciones de canal con respecto al dispositivo primero 10 (bloque 602), y determinar la retroalimentación 20 de precodificador factorizado basándose al menos en parte en las condiciones de canal (bloque 604). Como antes, la retroalimentación 20 de precodificador factorizado indica al menos una de una matriz de precodificador de conversión recomendada y una matriz de precodificador de ajuste recomendada. El método 600 incluye además enviar la retroalimentación 20 de precodificador factorizado al dispositivo primero 10 (bloque 606), para indicar al dispositivo primero 10 la matriz de precodificador recomendada.

60 Como un ejemplo adicional, en una o más realizaciones explicadas en el presente documento, al menos algunos aspectos de recomendaciones de precodificador están basados en determinar la raíz cuadrada de la covarianza de canal. Por lo tanto, este proceso está vinculado con la estimación de las condiciones de canal entre los dispositivos primero y segundo 1 y 14. En al menos una de tales realizaciones, el dispositivo primero 10 es un eNodeB, por ejemplo, en una red de comunicación inalámbrica basada en LTE. Correspondientemente, el dispositivo segundo 14 es un terminal móvil u otro elemento de equipo de usuario (UE) configurado para su funcionamiento en la red de comunicación inalámbrica basadas en LTE.

65 El eNodeB determina una matriz de precodificador a utilizar para precodificar una transmisión al UE, donde esa

determinación se realiza basándose al menos en parte en la consideración de recomendaciones de precodificador procedentes del UE, proporcionadas en forma de retroalimentación 20 de precodificador factorizado tal como se ha explicado anteriormente. En particular, un método del UE que determina recomendaciones de precodificador por el eNodoB está basado en lo siguiente:

5 1. El UE estima la matriz de canal $N_R \times N_T$, H_n , para un conjunto de elementos de recurso (los RE) de multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM), donde dichas estimaciones están basadas en señales de referencia específicas por antena, procedentes del eNodoB.

10 2. El UE forma una estimación de la matriz de covarianza $R_{tr} = E[H^*H]$ del canal de transmisión, por ejemplo,

$$\hat{R}_{tr} = \frac{1}{N} \sum_n \hat{H}_n^* \hat{H}_n$$

formando la estimación de muestra, donde la suma es sobre un conjunto de RE. Dicho promedio tomado sobre un conjunto de RE en el tiempo explota el hecho de que las propiedades de correlación del canal pueden, a menudo, cambiar lentamente en el tiempo mientras que un promedio similar en frecuencias explota el hecho de que las propiedades de correlación pueden ser bastante constantes en frecuencia. Por lo tanto, una operación típica es que el promedio se realice sobre todo el ancho de banda del sistema (por ejemplo, el ancho de banda global de la portadora OFDM involucrada) e involucra múltiples subtramas en el tiempo. Se puede formar también un promedio ponderado teniendo en cuenta que las propiedades de correlación eventualmente se quedan obsoletas, temporalmente o en frecuencias.

20 3. El UE toma a continuación una raíz cuadrada matricial de \hat{R}_{tr} , por ejemplo, $\hat{R}_{tr}^{1/2} = V\Lambda^{1/2}$, donde V son los vectores propios de la matriz de covarianza del canal de transmisión y la matriz diagonal $\Lambda^{1/2}$ contiene la raíz cuadrada de los correspondientes valores propios clasificados en orden descendente. (Nótese que existen otras clases de raíces cuadradas matriciales, y en el presente documento se contempla que pueden ser utilizadas dichas otras formas).

25 4. A continuación, el UE asume hipotéticamente un cierto valor de la dimensión k de conversión (que limita implícitamente el rango de transmisión a k). Esto implica que se mantienen solamente las primeras k columnas de \hat{R}_{tr} . Estas columnas son escaladas a alguna norma de Frobenius fija y a continuación cuantificadas por elementos.

30 5. La matriz (W_1) de precodificador de conversión recomendada se fija ahora para que el valor hipotético de k corresponda a la raíz cuadrada reducida por columnas, cuantificada y escalada, de la matriz de covarianza del canal de transmisión.

35 6. El UE asume ahora hipotéticamente un cierto valor del rango r de transmisión dado el valor k hipotético.

7. El UE afronta ahora un nuevo canal eficaz $H_n W_1$, para el que intenta seleccionar un precodificador de ajuste hipotético adaptado (adaptado sobre un conjunto de RE, por ejemplo, una sub-banda en LTE) para optimizar alguna métrica de rendimiento. Por ejemplo, la selección puede optimizar, por ejemplo, un caudal previsto, o puede estar dirigida a que el formato de transporte superior proporcione un BLER no mayor del 10 %. El precodificador de ajuste

40 se puede seleccionar desde un libro de código $W_{tr} = \{W_{2,1}, W_{2,2}, \dots\}$. Es decir, la pluralidad de precodificadores de ajuste posibles 26 mostrados por el libro 32 de código en la figura 3B puede comprender un conjunto finito de opciones de diferentes precodificadores de ajuste $W_{2,1}$, $W_{2,2}$ y así sucesivamente, para el valor hipotético de la dimensión k de conversión y del rango r de transmisión. Se pueden mantener diferentes conjuntos de entre estos, para valores diferentes de k y r. El libro o libros de código de precodificador de ajuste podrían corresponder, por ejemplo, al rango r de transmisión relevante del libro de código de 2 ó 4 puertos de antena disponible en la versión 8 de LTE.

45 8. El UE lleva a cabo a continuación una búsqueda sobre varias o la totalidad de las diferentes combinaciones posibles de k y r repitiendo las etapas 4 a 7 anteriores, y selecciona finalmente la mejor combinación global de matrices de precodificador de conversión y ajuste, incluyendo la elección de k y r. En este caso, la "mejor" combinación puede ser la combinación de un precodificador 24 de conversión posible y un precodificador 26 de ajuste posible a partir del libro o libros 22 de código, que proporciona el máximo, o en todo caso el mejor, valor de la métrica de rendimiento escogida. Alternativamente, la mejor dimensión k de conversión ha sido seleccionada y notificada en un caso anterior, pero se sigue aplicando y se determina solamente el rango r, basándose en la dimensión de conversión determinada anteriormente, repitiendo las etapas 4 a 7.

50 9. Prosiguiendo, el UE transforma los elementos cuantificados escalares del precodificador de conversión recomendado en una secuencia de bits que es codificada y enviada al eNodoB. Análogamente, se notifica también un índice que apunta al libro de código del precodificador de ajuste. Este último índice podría corresponder directamente al PMI notificado en LTE. Se debe observar también que, en lugar de la cuantificación escalar, el precodificador de conversión recomendada se puede seleccionar también a partir de un libro de código, por ejemplo, seleccionando el precodificador de conversión posible 24 que se adapta a la covarianza de transmisión, en el

sentido de maximizar la relación señal/ruido (SNR) de recepción o medidas de la capacidad ergódica del canal. Además, incluso si la señalización de retroalimentación de precodificador factorizado se realiza utilizando cuantificación escalar, el UE puede seguir teniendo un libro de código de precodificador de conversión interna, como una manera de reforzar propiedades deseables sobre la matriz de precodificador de conversión que se selecciona como la matriz de precodificador de conversión recomendada, antes de redondear la cuantificación escalar más próxima.

Además, tal como se ha señalado anteriormente, la propia notificación de retroalimentación se puede realizar de diversas maneras. Por ejemplo, en LTE, la notificación de retroalimentación se podría llevar a cabo sobre el canal de control de enlace ascendente PUCCH, para transportar periódicamente información del estado del canal (CSI) al eNodoB, donde la CSI puede incluir la retroalimentación de precodificador factorizado que es de interés en el presente documento. La CSI se puede transportar también solicitando explícitamente la notificación de CSI sobre el PUSCH. En una o varias realizaciones, el UE notifica una sola matriz de precodificador de conversión recomendada sobre el PUSCH, junto con la notificación de múltiples matrices de precodificador de ajuste recomendada, cada uno de dichos precodificadores de ajuste estando dirigidos a una sub-banda particular del ancho de banda global del sistema. Se contempla también cambiar el contenido de la notificación basada en PUSCH, de manera que en ocasiones se transmite la matriz de precodificador de conversión recomendada y para otras subtramas se transmite la matriz o matrices de precodificador de ajuste recomendadas.

Qué recomendaciones transmitir desde el UE al eNodoB se señala en una o varias realizaciones, como parte de la concesión de enlace ascendente en el PDCCH. Por ejemplo, la concesión incluye un bit o alguna otra combinación de bits disponibles que el UE interpreta como un indicador de qué recomendaciones enviar. En apoyo de este método, se puede establecer una estricta relación temporal entre las diferentes recomendaciones de informes de precodificador procedentes del UE, de manera que esté claro tanto para el UE como para el eNodoB qué recursos de tiempo/frecuencia corresponden a una recomendación de matriz de precodificador particular del UE. Como una alternativa útil, el UE está configurado para transmitir sus recomendaciones de matriz de precodificador de conversión en un punto superior en la pila de protocolos, como un elemento de control de acceso al medio (MAC) o mediante señalización del protocolo de control de recursos de radio (RRC).

Además, el eNodoB no está necesariamente al corriente de cómo el UE selecciona los precodificadores que recomienda. De hecho, un caso típico es que el UE no lo sabe, y solamente sabe que el UE prefiere de alguna manera los precodificadores que notifica. En particular, el eNodoB puede no estar al corriente de en base a qué recomienda el UE una matriz de precodificador de conversión particular. Una alternativa contemplada para una o varias realizaciones en el presente documento, es especificar que la matriz de precodificador de conversión se debería seleccionar basándose en la raíz cuadrada de la covarianza del canal de transmisión, o incluso que la matriz de covarianza de transmisión se retroalimente como un todo desde el UE al eNodoB. Sin embargo, dicho enfoque presenta ciertos retos en términos de ensayar y asegurar comportamientos similares de los UE a través de múltiples vendedores de los UE.

Estos retos surgen debido a que las propiedades del canal tales como la covarianza del canal de transmisión, vista sólo internamente en el UE, no son fáciles de observar desde fuera y, por lo tanto, no hay formas sencillas de asegurar que la covarianza notificada tiene los valores correctos, en particular debido a que partes de la entrada del receptor en el UE pueden afectar a la covarianza. Por contraste, un precodificador notificado explícitamente asume una transmisión hipotética y, como tal, la consecuencia, en términos de un formato de transporte que proporciona una BLER en torno al 10% para la transmisión hipotética, se notifica por medio de un CQI. Esto es observable inspeccionando los ACK/NACK del UE y estimando la BLER. Estos aspectos de notificación de retroalimentación no se limitan a ninguna realización particular descrita en el presente documento, y son aplicables a los siguientes detalles adicionales.

En al menos una realización, la dimensión k de conversión está adaptada para ajustarse a diferentes propiedades de correlación del canal. A este respecto, seleccionar la dimensión k de conversión sirve como una manera de confinar estrictamente la energía de transmisión a un subespacio reducido dimensionalmente del espacio vectorial N_T dimensional. En términos generales, esto focaliza la energía en ciertas "direcciones" preferidas y por lo tanto evita la necesidad de que el precodificador de ajuste afronte un subespacio mayor del necesario. Por ejemplo, el libro o libros 22 de código incluyen cierto número de matrices 24 de precodificador de conversión posibles que están limitadas (por la dimensión k) a un subespacio del espacio vectorial N_T dimensional, y por ello se simplifica el conjunto o conjuntos de matrices 26 de precodificador de ajuste posibles.

De lo contrario, forzar a la matriz de precodificador de ajuste a considerar el espacio vectorial N_T dimensional completo requeriría un libro de código más grande y, por lo tanto, una mayor sobrecarga de señalización entre el UE y el eNodoB, y/o requeriría una mayor complejidad en la búsqueda de precodificador en el UE y/o en el eNodoB. Para comprender por qué es ventajoso adaptar el valor de la dimensión k de conversión, considérese un escenario con cuatro antenas de transmisión co-polarizadas y poco separadas (aproximadamente la mitad de una longitud de onda) en el eNodoB. Para el propósito de este ejemplo, el dispositivo primero 10 se puede entender como el eNodoB y sus antenas 16 comprenden, por lo tanto, las cuatro antenas co-polarizadas y poco separadas. Si la dispersión angular en el eNodoB es lo suficientemente pequeña, los canales correspondientes a las diferentes

antenas de transmisión estarán muy correlacionados y por consiguiente la covarianza del canal de transmisión tendrá un valor propio muy fuerte, y los valores propios restantes serán débiles. Para dicho canal, es apropiada una formación del haz de una sola capa.

5 Lo anterior se puede implementar por medio de precodificación factorizada, como sigue:

$$\begin{aligned} \mathbf{W}_1 &= \mathbf{w}_{BF} \\ \mathbf{W}_2 &= 1 \end{aligned} \quad (1)$$

proporcionando el precodificador eficaz

10

$$\mathbf{W}_{eff} = \mathbf{w}_{BF} \times 1 = \mathbf{w}_{BF} \quad (2)$$

En este caso, la dimensión k de conversión es igual a 1 y el rango r de transmisión es también igual a uno, mientras que \mathbf{w}_{BF} es un formador del haz de una sola capa que focaliza toda la energía de retransmisión en la "dirección más fuerte" del canal, mejorando por lo tanto la SINR en el lado de recepción. En este caso, el UE notificaría información que describe o indica de otro modo la matriz de precodificador de conversión recomendada, mientras que la correspondiente matriz de precodificador de ajuste recomendada es constante y por lo tanto no es necesario gastar bits para notificarla.

15

20

El formador del haz podría adoptar la forma de un libro de códigos basándose en columnas de matrices de transformada de Fourier discreta (DFT), formando una red de haces desde los que seleccionar. Alternativamente, el formador del haz puede estar basado en la matriz de covarianza de transmisión del canal. Sin embargo, cuando aumenta la dispersión angular, los valores propios de la matriz de covarianza de transmisión del canal se hacen más similares. Por consiguiente, el valor propio más fuerte ya no domina tanto como antes. Puede ser beneficioso por lo tanto asignar algo de potencia a más de una dirección. De este modo, tiene sentido hacer la dimensión k de conversión mayor que 1. Al mismo tiempo, el rango r de transmisión se puede mantener en 1, por ejemplo, debido a que la SNR no es lo suficientemente alta para garantizar transmisión multi-rango. En tal caso, $k > 1$ y $r = 1$. Para $k = 2$, la matriz de precodificador de ajuste recomendada se podría escoger a partir del precodificador de dos puertos de antena en LTE versión 8, es decir como

25

30

$$\mathbf{W}_2 \in \left\{ \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ j \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ -j \end{bmatrix} \right\} \quad (3)$$

El último caso de dimensión de conversión de dos tiene sentido también si el conjunto de antenas en el eNodeB consiste en varios polos cruzados poco separados. Entonces cada polarización forma un grupo de antenas copolarizadas y poco separadas para las que la correlación de canal es elevada si la dispersión angular es lo suficientemente baja. La formación del haz en cada polarización es entonces razonable y está seguida por un precodificador de ajuste que intenta ajustar la fase relativa entre las dos polarizaciones. La matriz de precodificador recomendada \mathbf{W} se puede adaptar para dicho funcionamiento determinando \mathbf{W} como una matriz de precodificador eficaz $\mathbf{W}_{eff} = \mathbf{W}_1 \mathbf{W}_2$, donde la matriz de precodificador de conversión recomendada \mathbf{W}_1 y la matriz de precodificador de ajuste recomendada \mathbf{W}_2 podrían adoptar la forma de

35

40

$$\begin{aligned} \mathbf{W}_1 &= \begin{bmatrix} \mathbf{w}_{BF} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{w}_{BF} \end{bmatrix} \\ \mathbf{W}_2 &\in \left\{ \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ j \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ -j \end{bmatrix} \right\} \end{aligned} \quad (4)$$

Los detalles anteriores demuestran que la posibilidad de elegir entre valores diferentes de la dimensión k de conversión es beneficiosa. La propia selección de k se puede realizar de manera similar a la búsqueda realizada en la realización a modo de ejemplo, relativa a determinar cuál de las matrices 24 de precodificador de conversión posibles recomendar basándose en raíces cuadradas de matriz.

45

50

La adaptación del rango de transmisión es un aspecto adicional en una o varias realizaciones explicadas en el presente documento. Es decir, el rango r de transmisión se hace variar también. En el presente documento se admite que es importante permitir que r varíe aunque la dimensión k de conversión y el número de puertos de antena de transmisión N_T permanezcan fijos. Considérese de nuevo el caso de un conjunto de antenas de transmisión con varios polos cruzados poco separados. Tal como se ha mostrado anteriormente, el precodificador de

conversión W_1 puede asumir la forma diagonal por bloques

$$W_1 = \begin{bmatrix} w_{BF} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & w_{BF} \end{bmatrix}. \quad (5)$$

- 5 La dimensión k de conversión es en este caso igual a dos, correspondiente a las dos polarizaciones ortogonales, implicando por lo tanto también que el precodificador de ajuste apropiado tiene dos filas. Sin embargo, el precodificador de ajuste podría tener una o dos columnas, dependiendo del rango r de transmisión que se considera soportable por el canal. Por ejemplo, si la SINR es baja, es probable que se prefiera transmisión de una sola capa. Mantener $k = 2$ es beneficioso debido a que permite al precodificador de ajuste regular las fases relativas entre las dos polarizaciones y , por lo tanto, conseguir una combinación coherente de señales de transmisión en el lado de recepción. Sin embargo, si la SINR es elevada, es probable que utilizar dos capas sea mejor que utilizar solamente una capa, y el precodificador de ajuste tendría por consiguiente dos columnas.

15 Por lo tanto, la matriz de precodificador de ajuste que se recomienda utilizar se podría seleccionar a partir un libro de código de matrices unitarias 2×2 que persigue la ortogonalización del canal eficaz 2×2 formado por el producto de la matriz de canal y el precodificador de conversión. Aplican argumentos similares a conjuntos de antena agrupados, donde los grupos de antenas tienen canales con una correlación elevada pero donde la correlación entre grupos es baja, requiriendo por lo tanto un precodificador de ajuste para ajustes de fase. Se comprenderá que uno o varios libros 22 de código pueden estar poblados con un conjunto mayor de matrices 26 de precodificador de ajuste posibles, en las que uno o varios subconjuntos definidos de las mismas tienen las propiedades anteriores. (En general, subconjuntos dados de matrices 26 de precodificador de ajuste posibles en el libro o libros 22 de código corresponderán a valores dados de la dimensión k de conversión y del rango r de transmisión, de manera que se selecciona una matriz de precodificador de ajuste que es apropiada para la matriz de precodificador de conversión seleccionada).

25 Otro aspecto en una o varias realizaciones explicadas en el presente documento es la selección de precodificador asistida por eNodeB. Aunque las recomendaciones de precodificador se realizan habitualmente por el UE, debido a que el UE tiene generalmente mejores mediciones de canal de enlace descendente, el diseño de precodificador factorizado presentado en el presente documento permite ventajosamente un diseño en el que el eNodeB ayuda a la selección del precodificador. Dicha ayuda está basada, por ejemplo, en mediciones de canal en el enlace inverso (el enlace ascendente), donde se puede aplicar reciprocidad para adquirir información del canal para el enlace descendente. La selección de precodificador asistida por eNodeB es particularmente adecuada para sistemas de dúplex por división de tiempo (TDD), donde la reciprocidad se puede utilizar con precisión, pero también los sistemas dúplex por división de frecuencia (FDD) se pueden beneficiar de dicha ayuda explotando parámetros a gran escala del canal, que son recíprocos también sobre distancias dúplex mayores.

35 Una realización de ejemplo de este tipo consiste en permitir que el eNodeB (y no el UE) seleccione la dimensión k de conversión y señale la dimensión de conversión seleccionada al UE mediante señalización hacia delante, en cuyo caso el UE determina k descodificando el mensaje enviado desde el eNodeB. En esta configuración, el UE estará limitado a notificar un precodificador de conversión que satisfaga la dimensión de conversión configurada. Esta configuración tiene la ventaja de que un eNodeB tendría en cuenta para la selección factores que no están disponibles en el UE, tales como la presencia de los UE co-planificados en caso de múltiple entrada múltiple salida multiusuario (MU-MIMO) de enlace descendente. Por lo tanto, dicha solución puede ser beneficiosa aunque las mediciones de canal son habitualmente más precisas en el UE.

45 En otra realización de ejemplo, el eNodeB realiza adicionalmente la recomendación de matriz de precodificador de conversión y señala dicha selección al UE por medio de señalización hacia delante. En dichos casos, el UE determina k y la selección del precodificador de conversión basándose en la descodificación de dicha señalización. En dicha configuración, el UE está limitado a la selección de la matriz de precodificador de conversión realizada por el eNodeB cuando determina su recomendación de precodificador de ajuste.

55 Además en relación con MU-MIMO, cuando se planifican múltiples UE sobre el mismo recurso de tiempo-frecuencia, es esencial que el eNodeB pueda separar espacialmente los flujos para las transmisiones simultáneas. Para dichas aplicaciones, la configuración de la dimensión k de conversión sería menos restrictiva, de manera que no sólo están caracterizados unos pocos modos normales dominantes del canal, sino también los modos normales moderadamente fuertes en los que el UE sigue siendo sensible a interferencia. Este enfoque se puede conseguir permitiendo que el eNodeB seleccione la dimensión k de conversión en línea con las realizaciones anteriores o, si el UE selecciona la dimensión de conversión, siguiendo la siguiente realización de ejemplo: el eNodeB puede configurar el carácter restrictivo del criterio que aplica el UE para seleccionar la dimensión k de conversión. Para ser eficaces, se debería establecer una configuración similar para la selección del rango r .

60 Como una consideración adicional en el presente documento, se debe observar que la dimensión k de conversión determina cuántas dimensiones de canal ($N_T - k$) están estrictamente truncadas (no cualificadas) con respecto a la

retroalimentación 20 de precodificador factorizado. Las columnas de la matriz de precodificador de conversión recomendada determinan las propias dimensiones de canal que se van a cuantificar. Sin embargo, podría ser útil tener una transición más suave entre las dimensiones cualificadas y las dimensiones truncadas. Dicha transición suave se consigue en una o varias realizaciones del presente documento permitiendo que las entradas del libro de código para las matrices 26 de precodificador de ajuste posibles sean tales que las filas de la matriz de precodificador de ajuste estén cualificadas con resolución diferente. Como ejemplo para cualquiera de las matrices 26 de precodificador de ajuste posibles dadas en uno o varios libros 22 de código, la primera fila de la matriz tiene la máxima resolución, y la resolución disminuye aumentando el índice de fila (la última fila tiene la resolución de cuantificación más basta).

Con tal diseño del libro de código de precodificador de ajuste, el orden de columnas de la matriz de precodificador de conversión se hace relevante, debido a que cada columna está asociada con una correspondiente fila de la matriz de precodificador de ajuste. De este modo, si se implementa la resolución de cuantificación decreciente de las selecciones de las rotaciones de la primera columna de la matriz de precodificador de conversión, que en la última columna de la matriz de precodificador de conversión. Por lo tanto, las columnas de la matriz de precodificador de conversión se deberían ordenar de tal modo que la primera columna represente la dimensión de canal más importante y la última columna las dimensiones de canal ("direcciones") menos importantes (de las k más importantes). En general, por lo tanto, una o varias realizaciones explicadas en el presente documento utilizan entradas de libro de código que cuantifican las filas de las matrices 26 de precodificador de ajuste posibles con resoluciones diferentes.

Con las variaciones anteriores en mente, las explicaciones divulgadas en el presente documento proporcionan una solución para funcionar con multiplexación espacial de bucle cerrado así como con MU-MIMO, y lo hacen utilizando una sobrecarga de retroalimentación manejable. La eficiencia y simplicidad mayores proporcionadas mediante la utilización de la retroalimentación 20 de precodificador factorizado (y el proceso asociado) proporcionan ventajas particulares para configuraciones de antena mayores.

Como ejemplos no limitativos adicionales de varias ventajas, las explicaciones divulgadas proporcionan: sobrecarga de retroalimentación reducida para un rendimiento de enlace descendente dado; rendimiento de enlace descendente mejorado para una sobrecarga de retroalimentación dada; complejidad computacional reducida para reducir la dimensionalidad de las evaluaciones utilizadas para el informe de precodificador dinámico proporcionado por la retroalimentación 20 de precodificador factorizado; buena idoneidad para transmisiones MU-MIMO, dado que las recomendaciones de precodificador de conversión son notificadas con alta resolución en la etapa de cuantificación.

Adicionalmente, aunque en varias secciones de este documento se ha utilizado terminología de LTE 3GPP para proporcionar una configuración comprensible y ejemplos operacionales, dicha utilización de ejemplos LTE no se debe ver como limitativa del alcance de las explicaciones presentadas en el presente documento. Se contempla que estas explicaciones se extiendan, por ejemplo, a WCDMA, WiMax, UMB y GSM. De manera más general, se debe entender que los detalles anteriores y las ilustraciones adjuntas proporcionan realizaciones de ejemplo no limitativas de las explicaciones dadas a conocer en el presente documento.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un método (500) de precodificación de transmisiones desde un dispositivo primero (10) a un dispositivo segundo (14), comprendiendo dicho método:
- 5 recibir (502) retroalimentación (20) de precodificador factorizado desde el dispositivo segundo (14), que indica por lo menos una de una matriz de precodificador de conversión recomendada y una matriz de precodificador de ajuste recomendada que representan conjuntamente una matriz de precodificador recomendada, que es una multiplicación matricial de las matrices de precodificador de conversión y de ajuste recomendadas, donde dicha matriz de precodificador de conversión recomendada limita el número de dimensiones de canal consideradas por dicha matriz de precodificador de ajuste recomendada, y dicha matriz de precodificador de ajuste recomendada adapta dicha matriz de precodificador recomendada a un canal eficaz que está definido en parte mediante dicha matriz de precodificador de conversión recomendada,
- 10 determinar (504) una operación de precodificación basándose al menos en parte en la evaluación de dicha matriz de precodificador recomendada,
- 15 transmitir (506) una señal precodificada (12) al dispositivo segundo (14), que está precodificada de acuerdo con dicha operación de precodificación; y
- 20 caracterizado por:
- mantener uno o varios libros (22) de código como una tabla bidimensional (28) de matrices de precodificador, donde cada fila o columna de dicha tabla (28) corresponde a una en particular de una pluralidad de matrices (24) de precodificador de conversión y cada columna o fila de dicha tabla (28) corresponde a una en particular de una pluralidad de matrices (26) de precodificador de ajuste, y donde dicha retroalimentación (20) de precodificador factorizado comprende por lo menos uno de un valor de índice de fila y un valor de índice de columna, para identificar una en particular de dichas matrices de precodificador en dicha tabla (28) como dicha matriz de precodificador recomendada, y
- 25 comprender además mantener uno o varios libros (22) de código de matrices (24) de precodificador de conversión y matrices (26) de precodificador de ajuste, y en el que cada matriz (24) de precodificador de conversión tiene dimensiones fila- columna de $N_T \times k$, donde el número de filas N_T es igual al número de puertos (56) de antena de transmisión en el dispositivo primero (10) y el número de columnas k es igual a la dimensión de conversión, que es menor que el valor de N_T , y donde dicha matriz de precodificador de ajuste recomendada tiene dimensiones $k \times r$, donde r es un rango de transmisión utilizado por el dispositivo primero, donde N_T , k y r están relacionados como $N_T \geq k \geq r$ para restringir de ese modo el número de dimensiones de canal considerado mediante dicha matriz de precodificador de ajuste recomendada.
- 30
- 35
- 40 2.- El método (500) de la reivindicación 1, en el que evaluar dicha matriz de precodificador recomendada comprende determinar si utilizar o no dicha matriz de precodificador recomendada en dicha operación de precodificación para generar la señal precodificada (12).
- 45 3.- El método (500) de la reivindicación 1 ó 2, que comprende además mantener uno o varios libros (22) de código de matrices (24) de precodificador de conversión y matrices (26) de precodificador de ajuste, y en el que dicha retroalimentación (20) de precodificador factorizado comprende al menos un valor de índice que indica por lo menos uno de: una en particular de dichas matrices (24) de precodificador de conversión como dicho precodificador de conversión recomendado, y una en particular de dichas matrices (26) de precodificador de ajuste como dicha matriz de precodificador de ajuste recomendada.
- 50 4.- El método (500) de la reivindicación 3, en el que dicho mantenimiento de uno o varios libros de código (22) comprende mantener un primer libro (30) de código de dichas matrices (24) de precodificador de conversión y un segundo libro (32) de código de dichas matrices (26) de precodificador de ajuste, y en el que dicha retroalimentación (20) de precodificador factorizado comprende al menos uno de un valor de índice primero para el primer libro (30) de código y un valor de índice segundo para el segundo libro (32) de código.
- 55 5.- El método (500) de la reivindicación 1, en el que al menos una de dichas matrices (24) de precodificador de conversión comprende una matriz diagonal por bloques.
- 60 6.- El método (500) de la reivindicación 5, en el que al menos una de dichas matrices (26) de precodificador de ajuste tiene filas de matriz que cambian la configuración de fase de los bloques en dicha matriz diagonal por bloques.
- 65 7.- El método (500) de la reivindicación 6, en el que dicha dimensión k de conversión está configurada mediante dicho dispositivo primero (10) o dicho dispositivo segundo (14) y en el que, en el caso de que dicha dimensión k de conversión esté configurada mediante dicho dispositivo primero (10), dicho método (500) comprende además

señalar una indicación de dicha dimensión k de conversión desde dicho dispositivo primero (10) a dicho dispositivo segundo (14).

5 8.- El método (500) de la reivindicación 7, en el que dicha matriz de precodificador de conversión recomendada está configurada mediante dicho dispositivo primero (10), y en el que dicho método (500) comprende además señalar una indicación de dicha matriz de precodificador de conversión recomendada desde dicho dispositivo primero (10) a dicho dispositivo segundo (14).

10 9.- El método (500) de cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en el que dicha recepción de la retroalimentación (20) de precodificador factorizado desde el dispositivo segundo (14) comprende recibir señalización a una primera granularidad en tiempo o frecuencia que indica dicha matriz de precodificador de conversión recomendada, y recibir señalización a una segunda granularidad en tiempo o frecuencia que indica dicha matriz de precodificador de ajuste recomendada, y en el que dicha primera granularidad es más basta que dicha segunda granularidad.

15 10.- Un dispositivo primero (10) configurado para precodificar transmisiones a un dispositivo segundo (14), en el que dicho dispositivo primero (10) comprende:

20 un receptor (34) configurado para recibir retroalimentación (20) de precodificador factorizado desde el dispositivo segundo (14), que indica al menos una de una matriz de precodificador de conversión recomendada y una matriz de precodificador de ajuste recomendada que representan conjuntamente una matriz de precodificador recomendada, que es una multiplicación matricial de las matrices de precodificador de conversión y de ajuste recomendadas, donde dicha matriz de precodificador de conversión recomendada restringe un número de dimensiones de canal consideradas por dicha matriz de precodificador de ajuste recomendada, y dicha matriz de precodificador de ajuste recomendada adapta dicha matriz de precodificador recomendada a un canal eficaz que está definido en parte
25 mediante dicha matriz de precodificador de conversión recomendada; y

un transmisor (36) que incluye un circuito precodificador (38) y está configurado para:

30 - determinar una operación de precodificación basándose al menos en parte en la evaluación de dicha matriz de precodificador recomendada, y

- transmitir una señal precodificada (12) al dispositivo segundo (14), que está precodificada de acuerdo con dicha operación de precodificación;

35 y caracterizado porque dicho dispositivo primero (10) está configurado para mantener uno o varios libros (22) de código como una tabla bidimensional (28) de posibles matrices de precodificador, donde cada fila o columna de dicha tabla (28) corresponde a una en particular de una pluralidad de matrices (24) de precodificador de conversión y cada columna o fila de dicha tabla (28) corresponde a una en particular de una pluralidad de matrices (26) de precodificador de ajuste, y donde dicha retroalimentación (20) de precodificador factorizado comprende al menos
40 uno de un valor de índice de fila y un valor de índice de columna, para identificar una en particular de dichas matrices de precodificador en dicha tabla (28) como dicha matriz de precodificador recomendada en el que dicho dispositivo primero (10) está configurado para mantener uno o más libros (22) de código de matrices (24) de precodificador de conversión y matrices (26) de precodificador de ajuste, y en el que cada matriz (24) de precodificador de conversión tiene dimensiones fila-columna de $N_T \times k$, donde el número de filas N_T iguala un
45 número de puertos (56) de antena en el dispositivo primero (10) y el número de columnas k iguala una dimensión de conversión que es inferior que el valor de N_T y donde dicha matriz de ajuste recomendado tiene dimensiones $k \times r$, donde r es un rango de transmisión usado por el dispositivo primero, y en el que N_T , k y r están relacionados como $N_T \geq k \geq r$ para restringir de ese modo el número de dimensiones de canal considerado mediante dicha matriz de precodificador de ajuste recomendada.

50 11.- El dispositivo primero (10) de la reivindicación 10, en el que dicho transmisor (36) está configurado para evaluar dicha matriz de precodificador recomendada determinando si utilizar o no dicha matriz de precodificador recomendada en dicha operación de precodificación utilizada para generar la señal precodificada (12).

55 12.- El dispositivo primero (10) de la reivindicación 10 u 11, en el que dicho dispositivo primero (10) está configurado para mantener uno o varios libros (22) de código de matrices (24) de precodificador de conversión y matrices (26) de precodificador de ajuste, y en el que dicho receptor (34) está configurado para recibir dicha retroalimentación (20) de precodificador factorizado como al menos un valor de índice que indica por lo menos uno de: una particular de dichas matrices (24) de precodificador de conversión como dicho precodificador de conversión recomendado, y una particular de dichas matrices (26) de precodificador de ajuste como dicha matriz de precodificador de ajuste
60 recomendada.

65 13.- El dispositivo primero (10) de la reivindicación 12, en el que dicho dispositivo primero (10) está configurado para mantener dichos uno o varios libros (22) de código manteniendo un primer libro (30) de código de dichas matrices (24) de precodificador de conversión y un segundo libro (32) de código de dichas matrices (26) de precodificador de ajuste, y en el que dicha retroalimentación (20) de precodificador factorizado comprende al menos uno de un valor

de índice primero para el primer libro (30) de código y un valor de índice segundo para el segundo libro (32) de código.

- 5 14.- El dispositivo primero (10) de la reivindicación 10, en el que dicha dimensión k de conversión está configurada por dicho dispositivo primero (10) o dicho dispositivo segundo (14) y en el que, en el caso de que dicha dimensión k de conversión esté configurada por dicho dispositivo primero (10), dicho dispositivo primero (10) está configurado para señalar una indicación de dicha dimensión k de conversión desde dicho dispositivo primero (10) a dicho dispositivo segundo (14).
- 10 15.- El dispositivo primero (10) de la reivindicación 14, en el que dicha matriz de precodificador de conversión recomendada está seleccionada por dicho dispositivo primero (10), y en el que dicho dispositivo primero (10) está configurado para señalar una indicación de dicha matriz de precodificador de conversión recomendada desde dicho dispositivo primero (10) a dicho dispositivo segundo (14).
- 15 16.- El dispositivo primero (10) de cualquiera de las reivindicaciones 10-15, en el que dicho dispositivo primero (10) está configurado para recibir la retroalimentación (20) de precodificador factorizado desde el dispositivo segundo (14) como una primera señalización recibida por el dispositivo primero (10) a una primera granularidad en tiempo o frecuencia, que indica dicha matriz de precodificador de conversión recomendada, y una segunda señalización recibida por el dispositivo primero (10) a una segunda granularidad en tiempo o frecuencia, que indica dicha matriz de precodificador de ajuste recomendada, y en el que dicha primera granularidad es más basta que dicha segunda granularidad.
- 20 17.- Un método (600) en un dispositivo segundo (14) de indicación de una matriz de precodificador recomendada a un dispositivo primero (10), comprendiendo dicho método:
- 25 estimar condiciones de canal con respecto a dicho dispositivo primero (10),
- determinar retroalimentación (20) de precodificador factorizado basándose al menos en parte en dichas condiciones de canal, en el que dicha retroalimentación (20) de precodificador factorizado indica por lo menos una de una matriz de precodificador de conversión recomendada y una matriz de precodificador de ajuste recomendada, dichas matrices de precodificador de conversión y de ajuste recomendadas representan conjuntamente una matriz de precodificador recomendada que es una multiplicación matricial de las matrices de precodificador de conversión y de ajuste recomendadas, y en el que dicha matriz de precodificador de conversión recomendada limita el número de dimensiones de canal consideradas por dicha matriz de precodificador de ajuste recomendada, y dicha matriz de precodificador de ajuste recomendada adapta dicha matriz de precodificador recomendada a un canal eficaz entre dichos primer y dispositivo segundos (10, 14) que está definido en parte mediante dicha matriz de precodificador de conversión recomendada,
- 30 enviar dicha retroalimentación (20) de precodificador factorizado a dicho dispositivo primero (10) para indicar dicha matriz de precodificador recomendada a dicho dispositivo primero (10);
- caracterizado porque comprende además mantener una tabla bidimensional (28) de matrices de precodificador, cada una para su selección como dicha matriz de precodificador recomendada, y en el que cada fila o columna de dicha tabla (28) corresponde a una en particular de una pluralidad de matrices (24) de precodificador de conversión y cada columna o fila de dicha tabla (28) corresponde a una en particular de una pluralidad de matrices (26) de precodificador de ajuste, y en el que dicha retroalimentación (20) de precodificador factorizado comprende al menos uno de un valor de índice de fila y un valor de índice de columna, para identificar una en particular de dichas matrices de precodificador como dicha matriz de precodificador recomendada; y porque comprende además en dicho dispositivo segundo (14) uno o más libros (22) de código que comprenden una pluralidad de matrices (24) de precodificador de conversión, teniendo cada una dimensiones de fila-columna $N_T \times k$, donde el número de filas N_T iguala un número de puertos (56) de antena de transmisión en el dispositivo primero (10) y el número de columnas k igual a una dimensión de conversión que es inferior que el valor de N_T y donde dicha matriz de ajuste recomendado tiene dimensiones $k \times r$, donde r es un rango de transmisión utilizado por el dispositivo primero, y en el que N_T , k y r están relacionados como $N_T \geq k \geq r$ para restringir de ese modo el número de dimensiones de canal considerado mediante dicha matriz de precodificador de ajuste recomendada.
- 40 18.- El método (600) de la reivindicación 17, en el que dicho envío de dicha retroalimentación (20) de precodificador factorizado comprende señalar dicho precodificador de conversión recomendado en una primera granularidad en tiempo o frecuencia, y señalar dicho precodificador de ajuste recomendado en una segunda granularidad en tiempo o frecuencia, en el que dicha primera granularidad es más basta que dicha segunda granularidad.
- 60 19.- El método (600) de la reivindicación 17, en el que por lo menos una de dichas matrices (24) de precodificador de conversión posibles comprende una matriz diagonal por bloques.
- 65 20.- El método (600) de la reivindicación 19, en el que dichos uno o varios libros (22) de código comprenden además una pluralidad de matrices (26) de precodificador de ajuste, y en el que al menos una de dichas matrices (26) de

precodificador de ajuste tiene filas de matriz que cambian la configuración de fase de los bloques en dicha matriz diagonal por bloques.

5 21.- El método (600) de la reivindicación 20, en el que dicha dimensión k de conversión es configurada por dicho dispositivo primero (10) o dicho dispositivo segundo (14) y en el que, en el caso de que dicha dimensión k de conversión sea configurada por dicho dispositivo primero (10), dicho método (600) incluye además recibir una indicación de dicha dimensión k de conversión desde dicho dispositivo primero (10).

10 22.- El método (600) de la reivindicación 21, y en el que dicha matriz de precodificador de conversión recomendada es seleccionada por dicho dispositivo primero (10), en el que dicho método (600) incluye además recibir una indicación de dicha matriz de precodificador de conversión recomendada desde dicho dispositivo primero (10).

15 23.- Un dispositivo segundo (14) configurado para indicar una matriz de precodificador recomendada a un dispositivo primero (10), comprendiendo dicho dispositivo segundo (14):

un receptor (40) configurado para:

- estimar condiciones de canal con respecto a dicho dispositivo primero (10), y

20 - determinar retroalimentación (20) de precodificador factorizado basándose al menos en parte en dichas condiciones de canal, en el que dicha retroalimentación (20) de precodificador factorizado indica por lo menos una de una matriz de precodificador de conversión recomendada y una matriz de precodificador de ajuste recomendada, dichas matrices de precodificador de conversión y de ajuste recomendadas representan conjuntamente una matriz de precodificador recomendada que es una multiplicación matricial de las matrices de precodificador de conversión y de ajuste recomendadas, y en el que dicha matriz de precodificador de conversión recomendada limita el número de dimensiones de canal consideradas por dicha matriz de precodificador de ajuste recomendada, y dicha matriz de precodificador de ajuste recomendada adapta dicha matriz de precodificador recomendada a un canal eficaz entre dichos primer y dispositivo segundos (10, 14) que está definido en parte mediante dicha matriz de precodificador de conversión recomendada; y

30 un transmisor (42) configurado para enviar dicha retroalimentación (20) de precodificador factorizado a dicho dispositivo primero (10) para indicar dicha matriz de precodificador recomendada a dicho dispositivo primero (10); y

35 caracterizado porque dicho dispositivo segundo (14) está configurado para mantener una tabla bidimensional (28) de matrices de precodificador, cada una para su selección como dicha matriz de precodificador recomendada, y en el que cada fila o columna de dicha tabla (28) corresponde a una en particular de una pluralidad de matrices (24) de precodificador de conversión y cada columna o fila de dicha tabla (28) corresponde a una en particular de una pluralidad de matrices de precodificador de ajuste (26), y en el que dicha retroalimentación (20) de precodificador factorizado comprende un valor de índice de tabla que identifica una en particular de dichas matrices de precodificador como dicha matriz de precodificador recomendada;

45 donde dicho dispositivo segundo (14) está configurado para mantener uno o más libros (22) de código que comprenden una pluralidad de matrices (24) de precodificador de conversión, teniendo cada una dimensiones de fila-columna $N_T \times k$, donde el número de filas N_T iguala un número de puertos (56) de antena de transmisión en el dispositivo primero (10) y el número de columnas k igual a una dimensión de conversión que es inferior que el valor de N_T y donde dicha matriz de ajuste recomendado tiene dimensiones $k \times r$, donde r es un rango de transmisión utilizado por el dispositivo primero, y en el que N_T , k y r están relacionados como $N_T \geq k \geq r$ para restringir de ese modo el número de dimensiones de canal considerado mediante dicha matriz de precodificador de ajuste recomendada.

50 24.- El dispositivo segundo (14) de la reivindicación 23, en el que dicho dispositivo segundo (14) está configurado para enviar dicha retroalimentación (20) de precodificador factorizado señalizando dicho precodificador de conversión recomendado en una primera granularidad en tiempo o frecuencia y señalizando dicho precodificador de ajuste recomendado en una segunda granularidad en tiempo o frecuencia, en el que dicha primera granularidad es más basta que dicha segunda granularidad.

60 25.- El dispositivo segundo (14) de la reivindicación 23, en el que dicha dimensión k de conversión está configurada por dicho dispositivo primero (10) o dicho dispositivo segundo (14) y en el que, en el caso de que dicha dimensión k de conversión esté configurada por dicho dispositivo primero (10), dicho dispositivo segundo (14) está configurado para recibir una indicación de dicha dimensión k de conversión desde dicho dispositivo primero (10).

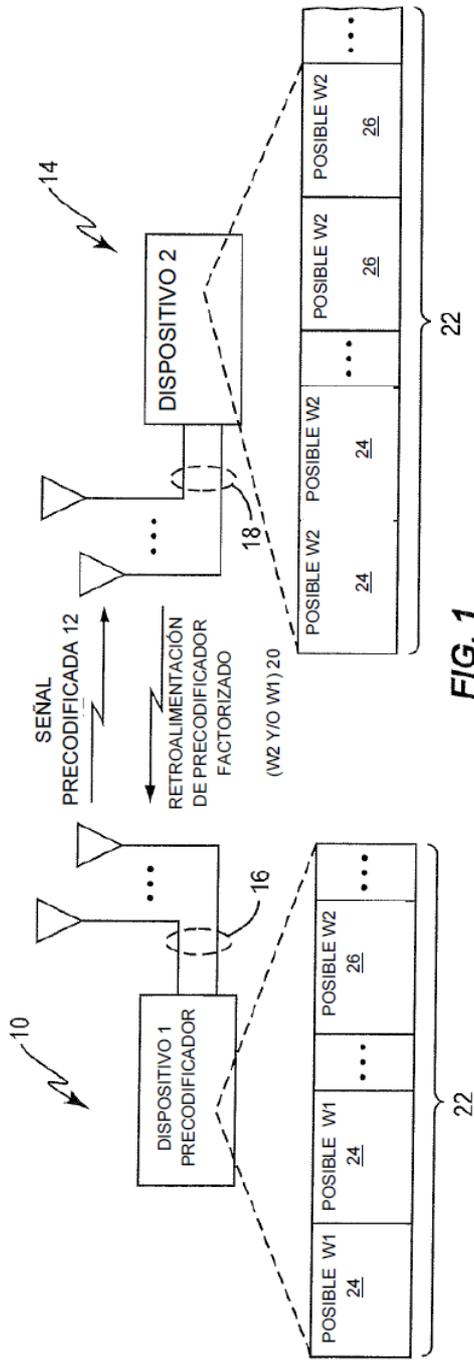


FIG. 1

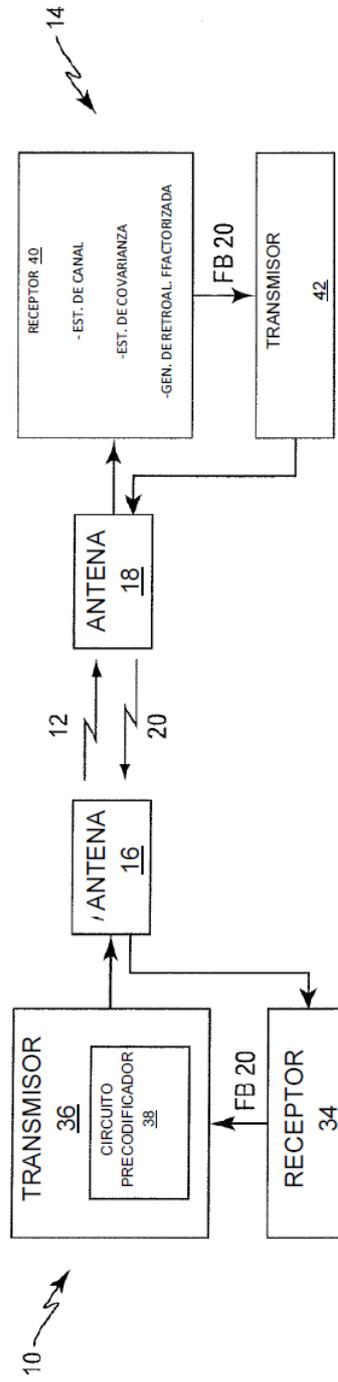
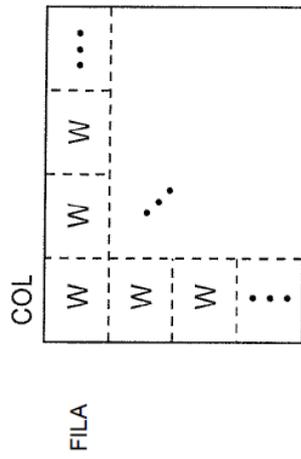


FIG. 2



28 ↗

FIG. 3A

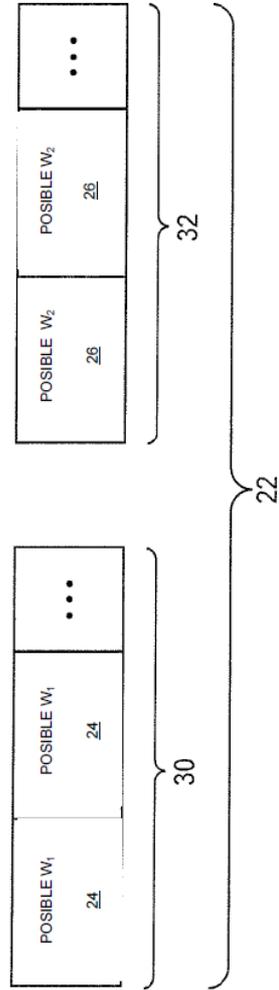


FIG. 3B

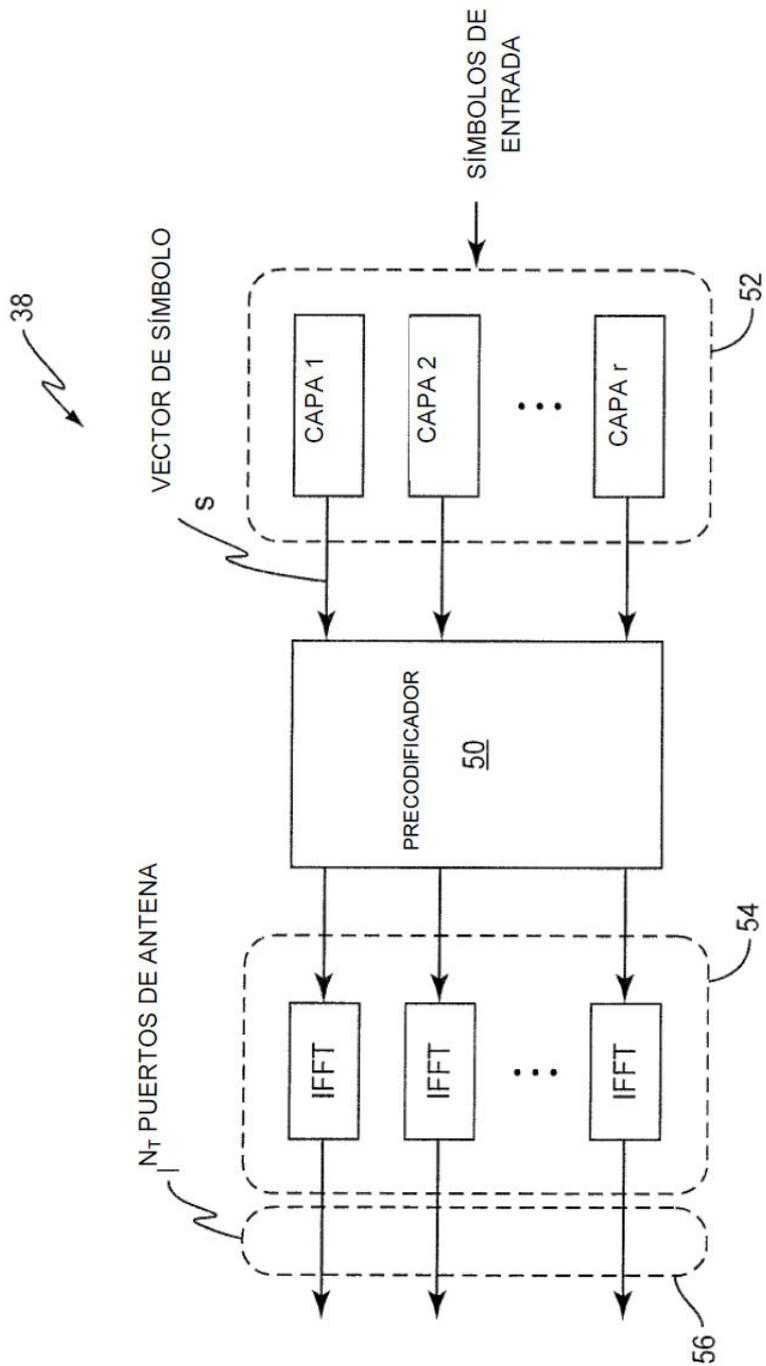


FIG. 4

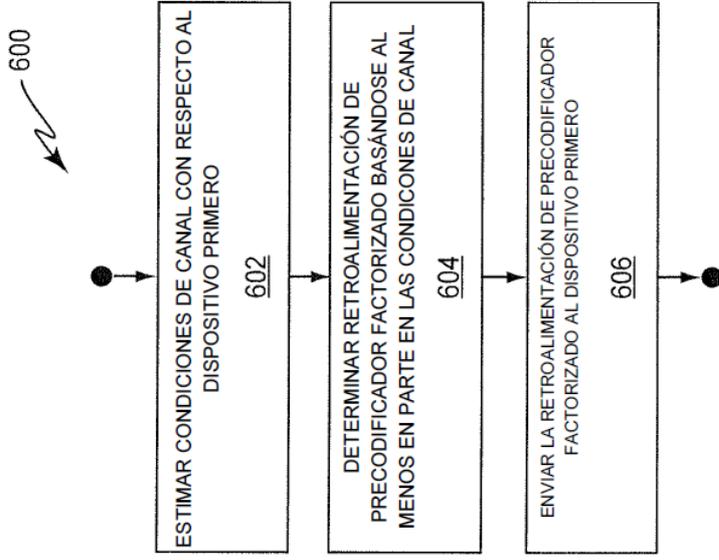


FIG. 6

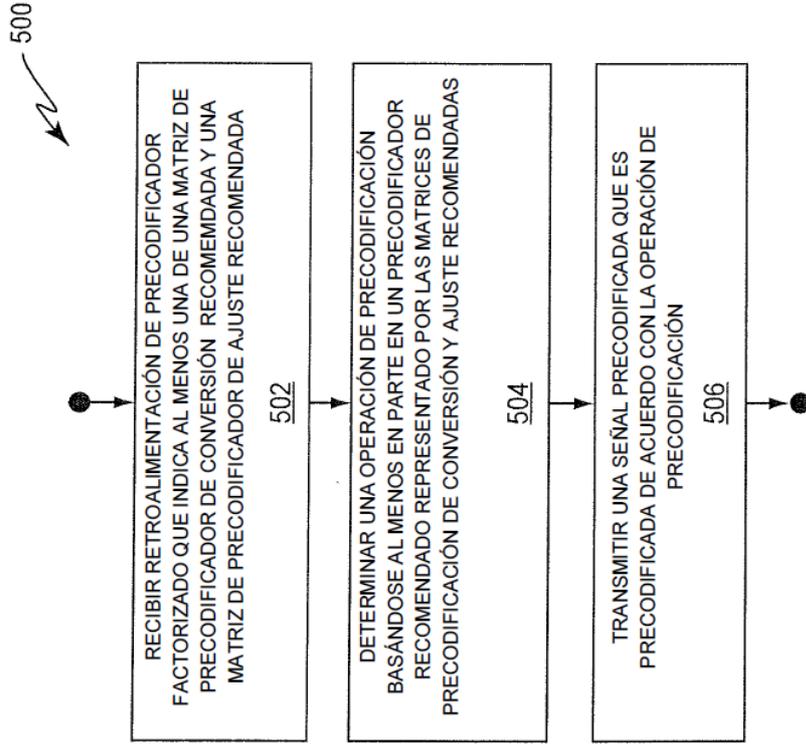


FIG. 5