

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 495 423**

51 Int. Cl.:

**H04B 7/06** (2006.01)

**H04L 5/00** (2006.01)

**H04L 25/03** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.06.2006 E 11182198 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.06.2014 EP 2400672**

54 Título: **Método para reducir el gasto general de información de realimentación en sistemas MIMO OFDM precodificados**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**17.09.2014**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**WENNSTROM, MATTIAS y  
VAN DE BEEK, JAAP**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 495 423 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Método para reducir el gasto general de información de realimentación en sistemas MIMO OFDM precodificados.

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere al campo de tecnologías de la comunicación y, en particular, a un método, a una unidad de recepción y a una unidad de transmisión para reducir la cantidad de información de realimentación de precodificación en un extremo de recepción y/o un extremo de transmisión de un sistema de comunicaciones.

**Antecedentes**

10 En sistemas de comunicaciones sin hilos que utilizan antenas múltiples tanto en el transmisor como también en el receptor, conocidos comúnmente como sistemas de Entrada-Múltiple y Salida-Múltiple (MIMO), es bien conocido en la técnica anterior que el rendimiento se mejora grandemente si se puede utilizar precodificación lineal MIMO en el lado del transmisor. Tal precodificación lineal ha sido implementada en la Norma IEEE 802.16-2005 y se sugiere también para 3GPP E-UTRA.

15 La Multiplexión por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM) combinada con MIMO permite una extensión de la precodificación MIMO a canales MIMO selectivos de frecuencia. En MIMO-OFDM, un canal de banda ancha es convertido en canales múltiples de banda estrecha que corresponden a subportadoras OFDM. Se puede suponer que cada canal de banda estrecha tiene desvanecimiento plano.

20 Además, se forman grupos del mismo tamaño de subportadoras OFDM adyacentes para obtener sub-bandas OFDM. Un valor común, utilizado en 3GPP E-UTRA, es 25 sub-portadoras OFDM adyacentes que forman una sub-banda OFDM. Por lo tanto, el ancho de banda total se divide en K sub-bandas. La anchura de cada sub-banda se selecciona para que el canal tenga desvanecimiento aproximadamente plano dentro de cada sub-banda. Esto implica que la misma matriz de precodificación óptima es aproximadamente válida para todas sub-portadoras dentro de una sub-banda.

25 Un problema que se plantea en MIMO-OFDM es que debido a la programación selectiva de frecuencia, se incrementa el gasto general de realimentación, puesto que la calidad del canal se convierte en una función de un número de sub-bandas OFDM. Además, cuando se aplica precodificación lineal MIMO basada de libro de códigos, el receptor tiene que indicar el índice de la matriz de precodificación (PMI) al libro de códigos para cada sub-banda OFDM. Esto significa que la carga de gasto general de señalización llega a ser significativa y deben encontrarse métodos para reducir este gasto general.

30 Para MIMO-OFDM precodificados basados en libro de códigos, existen algunas técnicas antecedentes que aprovechan la correlación de matrices óptimas de precodificación sobre subportadoras o sub-bandas adyacentes para reducir la realimentación de información de precodificación.

Al final de esta memoria descriptiva se muestra una lista de un número de documentos de la técnica anterior.

35 En el documento “[6] 3GPP R1-061441, *Feedback Reduction for Rank-1 Pre-coding for E-UTRA Downlink*, Texas Instruments, Shanghai, Mayo 2006” y en el documento “[7] 3GPP R1-061439, *Evaluation of Codebook-based Precoding for LTE MIMO Systems*, Texas Instruments, Shanghai, Mayo 2006” se describe un método de agrupación, en el que la realimentación de información de precodificación se reduce creando grupos mayores de subportadoras adyacentes y hallando una matriz de precodificación que es válida por término medio para este grupo mayor. Por ejemplo, en el documento [6] se recomienda que un índice de la matriz de precodificación para cada segunda sub-banda OFDM sea suficiente sólo con una degradación pequeña del rendimiento comparada con la realimentación de un índice de la matriz de precodificación para cada sub-banda OFDM. De esta manera, se reduce a la mitad el gasto general de realimentación para la matriz de precodificación.

40 El mismo método básico se adopta en el documento “[3] J. Choi, R. W. Heath Jr., *Interpolation Based Unitary Precoding for Spatial Multiplexing MIMO-OFDM with Limited Feedback*, IEEE Globecom Conference 2004, Dallas, USA, Noviembre 2004, páginas 214-218)” y en el documento “[4] J. Choi, R. W. Heath, Jr., *Interpolation Based Transmit Beamforming for MIMO-OFDM with Limited Feedback*, IEEE-Transactions on Signal Processing, Vol. 53, Nº 11, Noviembre 2005, páginas 4125-4135”. Los autores sugieren aquí presentar índices de la matriz de precodificación para cada subportadora L:th OFDM, muestreados uniformemente sobre toda la anchura de banda. En el transmisor, se realiza una reconstrucción de los índices de la matriz de precodificación intermedios utilizando interpolación.

50 En el documento “[5] B. Mondahl, R. W. Heath, Jr., *Algorithms for Quantized Precoding in MIMO-OFDM Beamforming Systems*, Proceedings of the SPIE, Volumen 5847, páginas 80-87, 2005” se sugiere un método alternativo, en el que la información de canal (información de matriz de precodificación) es cuantificada en el dominio de tiempo, en lugar del dominio de frecuencia, donde la transformación descorrelaciona la información de canal. La idea es descorrelacionar la información de la matriz de precodificación antes de la cuantificación. Se muestra que el rendimiento de este método es similar a la propuesta de agrupamiento en el documento [4].

5 Todos los métodos de reducción de la señalización de realimentación de índices de la matriz de precodificación de la técnica anterior tienen el inconveniente de que con frecuencia realimentan información que no se utiliza en un extremo de transmisión del sistema. Las soluciones de la técnica anterior para reducir el gasto general de realimentación de índices de la matriz de precodificación no tienen en consideración que alguna información es más valiosa que otra información en el extremo de transmisión.

Existe una necesidad de un método que selecciona de forma inteligente qué información debe realimentarse para reducir adicionalmente la cantidad de gasto general de señalización de realimentación de índices de la matriz de precodificación.

10 El documento US 2006/093065 A1 describe un método de señalización y de realimentación, en el que la estación de base emite una solicitud de realimentación y una asignación de recursos de realimentación al móvil y el móvil determina pesos del libro de códigos y ponderaciones de la corriente. Por ejemplo, un conjunto simple de pesos del libro de códigos y de pesos de potencia se puede realimentar y utilizar para toda la anchura de banda asignada a una transmisión MIMO particular a una estación móvil. De manera alternativa, se puede utilizar un método selectivo de frecuencia, donde se realimenta más de un conjunto, correspondiendo cada conjunto a un conjunto diferente de subportadoras

### Resumen

Un objeto de la presente invención es proporcionar un método y una unidad de recepción para reducir la cantidad de información de realimentación de precodificación en los extremos de recepción y de transmisión de un sistema de comunicaciones.

20 En particular, un objeto de la presente invención es proporcionar un método y una unidad de recepción que reducen la cantidad de señalización de realimentación de índices de la matriz más que los métodos de la técnica anterior.

Además, un objeto de la presente invención es proporcionar un método y una unidad de recepción que limitan la señalización de realimentación de índices de la matriz a la información que será útil en el sistema.

25 Estos objetos se consiguen por el método de reducción de información de realimentación de precodificación de acuerdo con la porción de caracterización de la reivindicación 1.

Estos objetos se consiguen también por medio de la unidad de recepción que reduce la información de realimentación de precodificación de acuerdo con la porción de caracterización de la reivindicación 8.

El método y la unidad de recepción de acuerdo con la invención hacen posible, en el extremo de recepción, decidir efectivamente qué información será necesaria en el extremo de transmisión y luego realimentar esta información.

30 Esto se consigue por el método y la unidad de recepción y la unidad de de acuerdo con la invención, puesto que no derrochan recursos de comunicación sobre información de señalización con respecto a sub-bandas que tienen baja calidad.

35 Debido a esto, el método y la unidad de recepción de acuerdo con la invención limitan la información de realimentación para incluir solamente información relacionada con sub-bandas que es probable que sean programadas para transmisión. De esta manera, se puede reducir la cantidad de información de realimentación.

La invención presenta una solución que tiene un buen compromiso entre rendimiento y reducción de realimentación.

En una forma de realización de la presente invención, se puede realizar adaptación de rango, es decir, que se puede seleccionar también un número de corrientes conjuntamente con un subconjunto y un vector de índices del libro de códigos de precodificación. Esto puede ser ventajoso para incrementar al máximo el rendimiento de una conexión.

40 En una forma de realización de la presente invención, el número de elementos en un vector de índices del libro de códigos de precodificación se puede ajustar a un valor muy bajo, por ejemplo el valor uno. Ésta es una alternativa muy efectiva para reducir la señalización de realimentación. Esta forma de realización es también ventajosa para situaciones donde el rendimiento de las matrices de precodificación está altamente correlacionado con las sub-bandas OFDM.

45 En una forma de realización de la presente invención, un índice de la matriz de precodificación puede ser realimentado para un subconjunto complementario que consta de las sub-bandas no seleccionadas por el método. Como una alternativa, se puede fijar la matriz de precodificación utilizada para el subconjunto complementario. Esto tiene la ventaja de que debe realimentarse muy poca información si el programador decide programar una sub-banda dentro del subconjunto complementario para transmisión.

50 En una forma de realización de la presente invención, se utiliza un mapa de bits para identificar subconjuntos seleccionados. La representación del mapa de bits es un método de compresión eficiente que reduce adicionalmente la cantidad de información de realimentación transmitida.

Las formas de realización ejemplares detalladas y las ventajas de los métodos, de la unidad de recepción y de la unidad de transmisión para reducir la cantidad de señalización de realimentación de índices de la matriz de acuerdo con la presente invención se describirán ahora con referencia a los dibujos anexos que ilustran algunas formas de realización preferidas.

**5 Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 muestra una selección de un subconjunto  $\omega$  a partir de un conjunto de todas las sub-bandas  $\Omega$  disponibles y que identifican el subconjunto  $\omega$  utilizando un mapa de bits B.

La figura 2 muestra una selección de un subconjunto  $\omega$  de todas las sub-bandas  $\Omega$  disponibles y entonces utilizando en (a) y (b) métodos de agrupamiento para el subconjunto  $\omega$ .

10 La figura 3 muestra un ejemplo de un grafo SNR para precodificar matrices y sub-bandas en el espectro de sub-bandas OFDM.

La figura 4 muestra otro ejemplo de un grafo SNR para precodificar matrices y sub-bandas en el espectro de sub-bandas OFDM.

**Descripción detallada**

15 En un sistema MIMO no precodificado, de desvanecimiento plano con  $N_T$  antenas de transmisor y  $N_R$  antenas de receptor, la relación de entrada-salida se puede describir como

$$y = Hx + n \tag{1}$$

20 En la ecuación (1), x es el vector  $N_T \times 1$  de símbolos transmitidos, y, n son los vectores  $N_R \times 1$  de símbolos recibidos y ruido, respectivamente, y H es la matriz  $N_R \times N_T$  de coeficientes de canal. Los símbolos del transmisor son multiplexados, por lo tanto, espacialmente  $N_T$  veces sobre el canal MIMO H o, en otras palabras, se transmiten corrientes  $N_T$  en paralelo, lo que conduce teóricamente a un incremento de  $N_T$  veces en eficiencia espectral.

25 La precodificación lineal implica que se introduce una matriz de precodificación W de  $N_T \times N_S$  en (1) para precodificar los símbolos en el vector x. La dimensión de la columna  $N_S$  se puede seleccionar para que sea menor que  $N_T$ , en cuyo caso x se modifica a la dimensión  $N_S \times 1$ . Por lo tanto, se transmiten  $N_S$  corrientes en paralelo, lo que se conoce como adaptación de rango e implica que se multiplexan espacialmente menos símbolos sobre el canal. La adaptación de rango es útil, puesto que se reduce probablemente el error de símbolo, aunque se multiplexen espacialmente menos símbolos. Por lo tanto, la relación de entrada – salida para MIMO precodificado se describe como

$$y = HWx + n \tag{2}$$

30 Para seleccionar la mejor matriz de precodificador W en (2), es necesario el conocimiento sobre el canal H y la estadística de ruidos del receptor. Por lo tanto, la selección se realiza con preferencia en el receptor, puesto que esta información está fácilmente disponible allí. El precodificador seleccionado W es señalizado entonces al transmisor, que ejecuta la precodificación de acuerdo con la preferencia del receptor. Para reducir la carga de señalización entre el receptor y el transmisor, se supone comúnmente que la matriz de precodificación W pertenece a un conjunto fijo de matrices de precodificación, conocido como el libro de códigos de precodificación. Si el libro de códigos tiene N elementos, se necesitan  $\bar{N} = \lceil \log_2(N) \rceil$  bits para indicar un elemento en el libro de códigos y, por lo tanto, solamente el índice de matrices de precodificación (PMI) tiene que ser señalizado desde el receptor al transmisor.

40 La Multiplexión por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM) combinada con MIMO permite una extensión de la precodificación MIMO a canales MIMO selectivos de frecuencia. En MIMO-OFDM, un canal de banda ancha se convierte en canales múltiples de banda estrecha correspondientes a sub-portadoras OFDM. Se puede suponer que cada canal de banda estrecha tiene desvanecimiento plano. Por lo tanto, utilizando OFDM, las ecuaciones (1) y (2) son válidas para cada uno de tales canales de banda estrecha.

45 Además, se forman grupos del mismo tamaño de sub-portadoras OFDM adyacentes para obtener sub-bandas OFDM. Un valor común, utilizado en 3GPP E-UTRA, es 25 sub-portadoras OFDM adyacentes que forman un sub-canal OFDM. Por lo tanto, el ancho de banda total se divide en K sub-bandas. La anchura de cada sub-banda se elige para que el canal tenga desvanecimiento aproximadamente plano dentro de cada sub-banda. Esto implica que la misma matriz de precodificación óptima W en (2) es aproximadamente válida para todas sub-portadoras dentro de una sub-banda. Por lo tanto, la granularidad mínima necesaria en la realimentación PMI es una sub-banda y solamente es necesario realimentar un PMI por sub-banda.

50 En sistemas OFDM, se realiza programación selectiva de frecuencia. Puesto que la calidad del canal, tal como la relación entre señal e interferencia, varía sobre la anchura de banda de la transmisión, se aplican programación selectiva de frecuencia y programación multi-usuarios, por ejemplo en sistemas tales como E-UTRA e IEEE 802.16.

Para realizar la programación selectiva de frecuencia, un receptor indica , sobre un canal de realimentación, qué Q sub-bandas en las K sub-bandas OFDM son más aplicables para recibir datos y también indica los indicadores de calidad para estas Q sub-bandas. Una opción natural para el receptor es indicar las Q sub-bandas que tienen la máxima relación entre señal e interferencia entre las K sub-bandas OFDM. Esto se conoce en el documento de la técnica anterior “[1] 3GPP R1-061246, *Unified uplink CQI signalling by efficient labeling*, Huawei, Shanghai, Mayo de 2006”.

El documento de la técnica anterior “[2] PCT/CN/2006/0004, *Method for sub-band indicador signaling*, Huawei, Solicitud de patente, Marzo de 2006 muestra, además, un método eficiente para señalar el subconjunto de Q sub-bandas fuera de las K sub-bandas disponibles.

En la presente invención, se adopta un método que combina el comportamiento de precodificación de capa física con las acciones de la capa de programación. Por lo tanto, se adopta un método de capa cruzada.

Los inventores de la presente invención han hecho una observación de que un usuario no será programado sobre sus sub-bandas OFDM, donde la calidad de su canal es baja debido, por ejemplo, a competencia de otros usuarios.

Los inventores de la presente invención han descubierto, además, que los índices de la matriz de precodificación para las sub-bandas OFDM están correlacionados con las máximas calidades del canal. Esto significa que una matriz de precodificación que trabaja bien para una sub-banda de alta calidad es probable que trabaje también bien para otra sub-banda de alta calidad. Los inventores se han dado cuenta de que este descubrimiento podría utilizarse para reducir el número de matrices de precodificación utilizadas.

Por lo tanto, no existe ninguna ganancia en información de la matriz de precodificación de realimentación para todas las sub-bandas OFDM, puesto que esta información no será utilizada por el transmisor, a no ser que todas las sub-bandas sean programadas para el usuario, en cuyo caso no se obtiene ninguna ganancia de programación de frecuencia.

Por lo tanto, la presente invención difiere de los documentos de la técnica anterior [3], [4], [5], [6] y [7] porque no se hace ningún intento por describir totalmente el índice de la matriz de precodificación para toda la anchura de banda. En su lugar, la invención describe solamente los índices de la matriz de precodificación para esas sub-bandas OFDM, donde es probable que tenga lugar la transmisión debido a la alta calidad del canal.

Las bandas que el receptor desea que sean programadas podrían ser señalizadas eficientemente utilizando técnica de etiquetado del documento [1], y la señalización del indicador de la matriz de precodificación podría coincidir preferentemente con la señalización de la información de la calidad del canal.

La anchura de banda OFDM se puede dividir en sub-bandas de igual anchura de banda de frecuencia, entre las cuales se permiten K sub-bandas y están disponibles para programación. Este conjunto de K sub-bandas se designa con  $\Omega$ . Un receptor decide generar un informe de índices de matrices de precodificación para un subconjunto  $\omega$  más pequeño que consta de  $K'$  de las K sub-bandas totales en  $\Omega$ .

Una etiqueta que define exclusivamente el conjunto  $\omega$  puede ser generada utilizando un mapa de bits B. Esto se muestra en la figura 1, donde la anchura de banda se divide en K ( $K = 12$ ) sub-bandas de frecuencia. Se seleccionan  $K'$  ( $K' = 4$ ) sub-bandas y pueden ser etiquetadas por la máscara de mapa de bits B. También se puede utilizar un método eficiente de compresión de mapa de bits, ver los documentos [1] y [2].

El informe de índices de la matriz de precodificación se puede generar ahora para el subconjunto  $\omega$  de sub-bandas OFDM. Esto se muestra en la figura 2, en la que se realiza una compresión eficiente de información de precodificación utilizando el subconjunto  $\omega$  de  $K'$  ( $K' = 4$ ) sub-bandas. La información de la matriz de precodificación en  $\omega$  puede ser comprimida utilizando, por ejemplo, un método de agrupamiento (a) o un índice individual de la matriz de precodificación para todo el subconjunto  $\omega$ , como se muestra en el ejemplo (b).

De acuerdo con la presente invención, para la selección del subconjunto  $\omega$  de  $K'$  sub-bandas, se utiliza un criterio de optimización

$$\{\Pi, \omega\} = \arg \max_{\Pi, \omega} f(\hat{\Pi}, \hat{\omega}, N_s) \quad (3)$$

donde  $\Pi$  es un vector que contiene los índices de la matriz de precodificación para las sub-bandas correspondientes en el vector  $\omega$ , cuyos elementos son seleccionados de  $\Omega$ , constituyendo el conjunto completo de sub-bandas de frecuencia permitidas. Además,  $N_s$  es el rango de la transmisión, es decir, el número de corrientes transmitidas. La función  $f$  es una métrica escalar que aplica medidas de corrientes múltiples y de sub-bandas múltiples a un número real sencillo.

En una forma de realización de la presente invención, se hallan las  $K'$  bandas mejores, que mejoran al máximo la métrica  $f$  como en la ecuación (3), donde cada banda utiliza su mejor índice de la matriz de precodificación y donde

5  $K'$  es un número dado. En esta forma de realización,  $\Pi$  contiene un número de elementos  $P$  que puede llegar a ser hasta el número de sub-bandas seleccionadas  $K'$ . Por lo tanto, en esta forma de realización se pueden elegir diferentes índices de la matriz de precodificación para cada una de las  $K'$  sub-bandas seleccionadas para  $\omega$ . Hasta  $P$  ( $P = K'$ ) índices de la matriz de precodificación y un conjunto de  $K'$  sub-bandas en el vector  $\omega$  se hallan conjuntamente, lo que resuelve la ecuación (3) en esta forma de realización.

10 En una forma de realización alternativa, para reducir adicionalmente la realimentación, se elige el vector  $\Pi$  de los índices de la matriz de precodificación para que tenga menos elementos que el vector  $\omega$  de la sub-banda correspondiente. Un ejemplo es agrupar las sub-bandas en el vector  $\omega$  y reportar un índice de la matriz de precodificación para cada grupo de sub-bandas. Por lo tanto, se utiliza un método de agrupamiento similar al del documento de la técnica anterior [6], aunque aquí el agrupamiento se realiza sobre las sub-bandas  $\omega$  seleccionadas y no sobre todo el conjunto de sub-bandas  $\Omega$ . En esta forma de realización,  $\Pi$  contiene un número de elementos  $P$  que es menor que el número de sub-bandas  $K'$  seleccionadas. Hasta un número  $P < K'$  de índices de la matriz de precodificación y un conjunto de  $K'$  sub-bandas en el vector  $\omega$  se hallan conjuntamente, lo que resuelve la ecuación (3) en esta forma de realización. Ver el ejemplo (a) en la figura 2, donde  $P$  está ajustada a dos, es decir,  $P = 2$ .

15 En una forma de realización alternativa de la presente invención, el vector  $\Pi$  de índices de la matriz de precodificación tiene un solo elemento. En esta forma de realización,  $\Pi$  contiene un número de elementos  $P$  que es igual a uno. Por lo tanto, un solo índice de la matriz de codificación y un conjunto de  $K'$  sub-bandas en el vector  $\omega$  se hallan conjuntamente, lo que resuelve la ecuación (3). Ver el ejemplo (b) en la figura 2.

20 La figura 3 muestra un ejemplo de un grafo de la relación entre señal y ruido (SNR) para matrices de precodificación y sub-bandas en el espectro de sub-bandas OFDM. El grafo de la figura 3 se utilizará posteriormente para ilustrar cómo se pueden seleccionar conjuntamente combinaciones de índices de la matriz de precodificación y sub-bandas de acuerdo con la presente invención.

25 En un primer ejemplo de acuerdo con la invención con referencia a la figura 3, el número de elementos  $P$  en  $\Pi$  está ajustado a 1, es decir,  $P = 1$ , y el número de sub-bandas a seleccionar  $K'$  está ajustado a cuatro, es decir,  $K' = 4$ . El método de acuerdo con la presente invención busca a través de todas las combinaciones posibles de índices y sub-bandas, en este caso particular busca una matriz que dé la mejor calidad de transmisión cuando se utiliza para cuatro sub-bandas y para qué conjunto de cuatro sub-bandas debe utilizarse esta matriz. Aquí se seleccionan la matriz 3 y las sub-bandas 4, 5, 6 y 12.

30 En un segundo ejemplo de acuerdo con la presente invención con referencia a la figura 3,  $P$  y  $K'$  se ajustan a  $P = 2$  y  $K' = 4$ . La selección en este ejemplo difiere de la selección en el ejemplo anterior porque se elegirán la sub-banda 7 y la matriz 1 en lugar de la sub-banda 12. Esto es apropiado porque se pueden seleccionar dos índices de la matriz y la matriz 1 tiene una SNR en la sub-banda 7 más alta que la matriz 3 en la sub-banda 12.

35 Los métodos de la técnica anterior para reducir la señalización de índices de la matriz de precodificación habían sido soluciones que emiten índices de la matriz de precodificación para un subconjunto fijo de sub-bandas, por ejemplo cada segunda sub-banda. Esto podría tener el efecto de que se realiza mucha señalización de índices de la matriz de recodificación para sub-bandas que tienen una calidad tan mala que no deberían ser programadas por el programador. Por lo tanto, los métodos de la técnica anterior son subóptimos.

40 En el ejemplo de la figura 3, si un método de la técnica anterior que utiliza cada segunda sub-banda pudiera utilizar, por ejemplo, un subconjunto fijo de sub-bandas 1, 3, 5, 7, 9 y 11, el método de la técnica anterior habría elegido entonces la mejor matriz de precodificación posible para cada una de estas sub-bandas y habría comunicado la señalización de índices de la matriz de precodificación para las matrices de precodificación halladas en cada sub-banda. Las sub-bandas 1, 3 y 11 tienen, como se puede ver en la figura 3, una SNR muy mala para todas las matrices, especialmente la sub-banda 3 y probablemente no sería programada de ninguna manera. Por lo tanto, la señalización con respecto a estas sub-bandas en las soluciones de la técnica anterior sería un derroche de recursos de comunicaciones.

45 Cuando se seleccionan índices de la matriz de precodificación y un conjunto de  $K'$  sub-bandas de acuerdo con la presente invención, es decir, utilizando la ecuación (3) para hallar conjuntamente índices de la matriz de precodificación y un conjunto de  $K'$  sub-bandas, dado el número de índices de la matriz de precodificación disponibles y el número  $K'$ , se seleccionan las mejores combinaciones posibles de sub-bandas e índices de la matriz de pre-codificación a utilizar en estas sub-bandas.

50 Esta ecuación (3) pasa por todas las combinaciones posibles de sub-bandas e índices de la matriz de precodificación disponibles y selecciona las combinaciones que elevan al máximo la función  $f$ . La función  $f$  da una medida de la calidad de transmisión. La ecuación (3) selecciona, por lo tanto, las combinaciones que dan como resultado las máximas calidades de transmisión posibles. Por consiguiente, la ecuación (3) selecciona también combinaciones que son probables que sean programadas por un programador. La función  $f$  se describirá, además, a continuación.

La figura 4 muestra otro grafo de SNR (relación señal a ruido) para matrices de pre-codificación y sub-bandas en el espectro de sub-bandas OFDM. Como se puede ver en la figura 4, a veces algunas de las matrices de precodificación son generalmente mejores que las otras. En tal situación, la forma de realización de la presente invención, en la que el vector  $\Pi$  de índices de la matriz de precodificación tiene un solo elemento,  $P = 1$ , puede ser especialmente ventajosa. Puesto que una matriz de precodificación particular es la mejor matriz sobre más o menos toda la anchura de banda, el método de acuerdo con la presente invención, donde  $P = 1$ , está entonces más o menos simplificado para una selección de sub-bandas.

La selección de sub-bandas y de matrices de precodificación se puede extender también a la adaptación de rango, es decir, que el número de corrientes  $N_s$  es seleccionado como

$$\{\Pi, \omega, N_s\} = \arg \max_{\Pi, \omega, N_s} f(\hat{\Pi}, \hat{\omega}, \hat{N}_s) \quad (4)$$

Cuando se utiliza la ecuación (4), los índices de la matriz de precodificación, un conjunto de  $K'$  sub-bandas en el vector  $\omega$  y el número de corrientes  $N_s$  se hallan conjuntamente, lo que resuelve la ecuación (4). Esto se puede realizar, de la misma manera que para la ecuación (3), para diferentes números  $P$  de elementos en  $\Pi$ . Cuando se utiliza la ecuación (4), las decisiones de adaptación de rango se toman en el extremo de recepción. Esto puede ser ventajoso con respecto a las posibilidades de incrementar al máximo el rendimiento para una conexión. Cuando se utiliza la ecuación (3),  $N_s$  se ajusta a NTS/Nodo B.

La función métrica  $f$  en las ecuaciones (3) y (4) anteriores es una función de las sub-bandas en el vector  $\omega$ , su longitud  $K'$  correspondiente y el índice / índices de la matriz de precodificación en  $\Pi$ . Se puede implementar de varias maneras. Una forma de realización es utilizar la aplicación SIR exponencial efectiva (EESM) del documento "[8] (3GPP R1-031304, *System-level evaluation of OFDM – inicial evaluación*, Ericsson, 17 - 21 Nov. 2003) para cada corriente, suponiendo un cierto conjunto de sub-bandas  $\omega$  y un vector de PMI o un solo PMI utilizado para todas sub-bandas en  $\omega$ , y entonces utilizar la siguiente expresión para  $f$

$$f(\Pi, \omega, N_s) = \min(EESM_1(\Pi, \omega, N_s), \Lambda, EESM_{N_s}(\Pi, \omega, N_s)) \quad (5)$$

donde  $N_s$  es el número de corrientes y  $EESM_s(\Pi, \omega, N_s)$  es la EESM para la corriente  $s$ , suponiendo  $N_s$  corrientes y el uso de matrices de precodificador con índices en el vector  $\Pi$  y las sub-bandas  $\omega$ . La EESM es también una función de la matriz de canal  $H$  y la matriz de covariancia de la interferencia, pero se ha omitido en la anotación aquí para claridad.

Otra alternativa es aplicar la EESM a información mutua para cada corriente suponiendo un cierto conjunto de sub-bandas  $\omega$  y un vector de PMI, o un solo PMI y entonces sumar los resultados o información mutua para cada corriente y sub-banda para obtener la salida escalar de la función métrica  $f$  como

$$f(\Pi, \omega, N_s) = \sum_{s=1}^{N_s} \log_2(1 + EESM_s(\Pi, \omega, N_s)) \quad (6)$$

Otra alternativa es considerar  $f$  para reflejar el resultado esperado de la suma a una tasa de error de bloque dada (BLER)

$$f(\Pi, \omega, N_s) = \sum_{s=1}^{N_s} g_{BLER}(EESM_s(\Pi, \omega, N_s)) \quad (7)$$

donde  $g_{BLER}(x)$  es una función que aplica valores EESM a un tamaño de bloque de código máximo posible correspondiente (número de bits de información) que da BLER menor que un valor deseado prescrito. Por lo tanto, la ecuación (7) da la suma de los tamaños de bloques de códigos para cada corriente y este número es proporcional al resultado esperado.

Los métodos en las ecuaciones (5), (6) y (7) adoptan palabras de códigos múltiples, donde cada corriente transmite un bloque de información codificado separadamente. Otra alternativa es utilizar una sola palabra de código (mayor), que es intercalada y aplicada sobre todas las corrientes, en cuyo caso se obtiene un solo valor EESM para toda la palabra de código

$$f(\Pi, \omega, N_s) = EESM_{1, \dots, N_s}(\Pi, \omega, N_s) \quad (8)$$

- 5 Como comprenderá un técnico en la materia, esta función métrica  $f$  puede ser calculada de un número de maneras. Existe un número de definiciones diferentes para la calidad de la transmisión y también un número de maneras diferentes para estimar la calidad de la transmisión. Las ecuaciones (5) y (8) dan una medida SNR, la ecuación (6) da una medida de capacidad y la ecuación (7) da una medida de rendimiento realista. Todas éstas son medidas diferentes de la calidad de la transmisión, pero existen también un número de otras medidas de la calidad de transmisión conocidas en el campo de las comunicaciones. Las ecuaciones (5) – (8) anteriores se pueden considerar, por lo tanto, como cuatro ejemplos de un número de maneras posibles de realizar esta estimación. El alcance de la presente invención no está limitado a las ecuaciones (5) – (8) anteriores.
- 10 En una forma de realización, el receptor puede realimentar un índice de la matriz de precodificación para el conjunto complementario  $\omega$  de sub-bandas, además del índice / índices de la matriz de precodificación para el subconjunto  $\omega$ , donde  $\omega \cup \omega = \Omega$ . Si el programador decide transmitir utilizando sub-bandas en el subconjunto  $\omega$ , puede utilizar el índice de la matriz de precodificación para el conjunto complementario de sub-bandas.
- 15 De manera alternativa, se podría fijar la matriz de precodificación para las sub-bandas en  $\omega$ . Entonces no se requiere ninguna señalización para la indicación de la matriz de precodificación de estas sub-bandas. Específicamente, la matriz de precodificación fija en este caso podría ser la matriz de identidad, o si la matriz de precodificación no es cuadrada, se podrían seleccionar columnas desde una matriz de identidad.
- 20 En todas las formas de realización descritas anteriormente, la compresión de la información del índice de la matriz de precodificación en el subconjunto  $\omega$  se puede realizar con método de compresión arbitraria, tal como codificación de coordenadas diferenciales medias o cualquier otro método de compresión conocido en la técnica.
- Las sub-bandas en  $\omega$  se pueden dividir también adicionalmente en múltiples sub-sub-bandas, donde cada sub-sub-banda tiene un cierto índice de la matriz de precodificación único. El último método requiere también una etiqueta para señalar cómo se realiza la división de  $\omega$  en sub-sub-bandas.
- 25 En una forma de realización, el extremo de transmisión es un BTS/Nodo B y el extremo de recepción es una estación móvil/UE. En esta forma de realización, la estación móvil/UE comunica el vector de precodificación  $\Pi$ , el subconjunto  $\omega$  y posiblemente el número de corrientes  $N_s$  al BTS/Nodo B. El BTS/Nodo B considera aquí esta información comunicada como una recomendación, pero no tiene que seguir esta recomendación estrictamente. En esta forma de realización,  $K'$  se puede ajustar por el BTS/Nodo B, y también se puede ajustar por la estación móvil/UE.
- 30 En una forma de realización, el extremo de transmisión es una estación móvil/UE y el extremo de recepción es un BTS/Nodo B. En esta forma de realización, el BTS/Nodo B comunica una concesión de programación que contiene un vector de precodificación  $\Pi$ , el subconjunto  $\omega$  y posiblemente el número de corrientes  $N_s$  a la estación móvil/UE. La estación móvil/UE tiene que seguir estrictamente la información comunicada.
- 35 En una forma de realización, el número de elementos  $P$  en  $\Pi$  se establece en la norma del sistema y el valor de  $P$  se puede ajustar posiblemente en base a varios tipos de datos, tales como ancho de banda del sistema, estadísticas de comunicación o similares.
- El método de acuerdo con la invención es implementado en una unidad de recepción y/o en una unidad de transmisión, tal como una estación móvil/UE o un BTS/Nodo B, realizado en software. Con preferencia, se utiliza un DSP (Procesador de Señales Digitales) o cualquier otro procesador equivalente para ejecutar las diferentes etapas del método.
- 40 En la Tabla 1 se realiza una comparación de la realimentación requerida para la presente invención con respecto a realimentación completa y con respecto a realimentación en la técnica anterior utilizando grupos de sub-bandas OFDM de tamaño  $L$ . Las dos últimas líneas de la Tabla 1 muestran la realimentación requerida para la presente invención.

Técnica de compresión de realimentación	Número de bits de realimentación para información de la matriz de precodificación de la señal	Número de bits de realimentación para etiquetar la señal	Realimentación total	Ejemplo con $K = 24, K' = 4, N = 3, L = 2$ (como se sugiere en el documento [6])
Ninguna (completo)	$K \cdot \bar{N}$	0	$K \cdot \bar{N}$	72 bits
Agrupamiento de L sub-bandas, como en los documentos [6][7][3][4][5]	$\frac{K \cdot \bar{N}}{L}$	0	$\frac{K \cdot \bar{N}}{L}$	36 bits
Sub-bandas seleccionadas con $P = K'$	$K' \cdot \bar{N}$	$\left\lceil \log_2 \left( \frac{K}{K'} \right) \right\rceil$	$\left\lceil \log_2 \left( \frac{K}{K'} \right) \right\rceil + K' \cdot \bar{N}$	26 bits
Sub-bandas seleccionadas con un solo índice de la matriz de precodificación, $P = 1$ . (Ejemplo (b) en la figura 2)	$\bar{N}$	$\left\lceil \log_2 \left( \frac{K}{K'} \right) \right\rceil$	$\left\lceil \log_2 \left( \frac{K}{K'} \right) \right\rceil + \bar{N}$	17 bits

**Tabla 1. Comparación del gasto general de realimentación requerido para realimentar le índice de la matriz de precodificación. ( $\bar{N}$  es el número de bits**

**necesarios para indicar un elemento en el libro de códigos.**

5 Se realizó también una simulación de ordenador para comparar el rendimiento de la utilización de la realimentación completa y la realimentación de bandas seleccionadas con un solo índice de la matriz de precodificación (ejemplo (b) en la figura 3).

Los resultados se pueden ver en la Tabla 2. La pérdida de rendimiento están dentro de un porcentaje bajo, mientras que la realimentación se reduce en aproximadamente un tercio, lo que demuestra que la compresión del índice de la matriz de precodificación en la invención es muy eficiente.

10

Configuración MIMO	K	K'	Rendimiento		Carga de realimentación	
			Completa	Invención	Completa	Invención
4x2	12	3	2,14 MB/s	2,10 Mb/s	36 bits	11 bits
2x2	12	6	3,39 Mb/s	3,33 Mb/s	36 bits	13 bis

**Tabla 2. Ejemplo de simulación. Se comparan el rendimiento y la carga de realimentación entre realimentación completa y la presente invención. Fue simulado un sistema OFDM de banda ancha de 5 MHz en un canal TU (Urbano Típico) con un solo usuario con un tamaño de libro de códigos de 8 elementos.**

15 El método, la unidad de recepción y la unidad de transmisión para reducir una cantidad de información de realimentación de precodificación de acuerdo con la invención pueden ser modificados por los técnicos en la materia, cuando se compara con las formas de realización ejemplares descritas anteriormente.

20 Como es evidente para un técnico, se puede realizar un número de otras implementaciones, modificaciones, variaciones y/o adiciones a las formas de realización ejemplares realizadas anteriormente. Se comprenderá que la invención incluye todas las otras implementaciones, modificaciones, variaciones y/o adiciones, con tal que caigan dentro del alcance de las reivindicaciones.

**[Documentos de referencia**

[1] 3GPP R1-061246, *Unified uplink CQI signalling by efficient labeling*, Huawei, Shanghai, Mayo de 2006.

[2] PCT/CN/2006/0004, *Method for sub-band indicador signalling*, Huawei, Solicitud de patente, Marzo de 2006.

5 [3] J. Choi, R. W. Heath Jr., *Interpolation Based Unitary Precoding for Spatial Multiplexing MIMO-OFDM with Limited Feedback*, IEEE Globecom Conference 2004, Dallas, USA, Noviembre 2004, páginas 214-218).

[4] J. Choi, R. W. Heath, Jr., *Interpolation Based Transmit Beamforming for MIMO-OFDM with Limited Feedback*, IEEE-Transactions on Signal Processing, Vol. 53, Nº 11, Noviembre 2005, páginas 4125-4135.

[5] B. Mondahl, R. W. Heath, Jr., *Algorithms for Quantized Precoding in MIMO-OFDM Beamforming Systems*, Proceedings of the SPIE, Volúmen 5847, páginas 80-87, (2005).

10 [6] 3GPP R1-061441, *Feedback Reduction for Rank-1 pre-coding for E-UTRA downlink*, Texas Instruments, Shanghai, Mayo 2006.

[7] 3GPP R1-061439, *Evaluation of Codebook-based Precoding for LTE MIMO Systems*, Texas Instruments, Shanghai, Mayo 2006.

[8] (3GPP R1-031303, *System-level evaluation of OFDM – inicial evaluación*, Ericsson, 17 - 21 Nov. 2003.

15

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para reducir una cantidad de información de realimentación de precodificación en un sistema de comunicación de portadoras múltiples de Entrada-Múltiple Salida Múltiple (MIMO), en el que se transmite información sobre un número de corrientes  $N_s$  que utilizan sub-portadoras múltiples que son agrupadas juntas en un conjunto  $\Omega$  de  $K$  sub-bandas permitidas ( $n_1, \dots, n_K$ ), comprendiendo el método:

5 seleccionar, en una unidad de transmisión, una matriz de precodificación adecuada que debe utilizarse a partir de un libro de códigos de precodificación basado en índices de libros de códigos realimentados desde una unidad de recepción, caracterizado por que el método comprende: recibir información que identifica un número limitado de  $K'$  de sub-bandas en un subconjunto  $\omega$ , ( $m_1, \dots, m_{k'}$ ) del conjunto  $\Omega$  y un número limitado de  $P$  índices del libro de códigos que deben utilizarse para las  $K'$  sub-bandas en el subconjunto  $\omega$ , siendo seleccionados conjuntamente la información y los  $P$  índices del libro de códigos, considerando a mismo tiempo la calidad de la transmisión para cada combinación relevante de sub-bandas y matrices, y siendo realimentados desde la unidad de recepción, y transmitir sobre las  $K'$  sub-bandas utilizando los  $P$  índices del libro de códigos; en el que el número de  $P$  índices del libro de códigos es uno,  $P = 1$ .

15 2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que se incluyen  $P$  índices del libro de códigos en un vector  $\Pi$ .  
 3. El método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el subconjunto  $\omega$  ( $m_1, \dots, m_{K'}$ ) y los  $P$  índices del libro de códigos cumplen:

$$\{\Pi, \omega\} = \arg \max_{\hat{\Pi}, \hat{\omega}} f(\hat{\Pi}, \hat{\omega}, N_s) \quad \text{en la que}$$

20  $\Pi$  es un vector que contiene  $P$  índices de la matriz de precodificación que corresponden a las sub-bandas o grupos de sub-bandas en el subconjunto de sub-bandas  $\omega$ ,

$f$  es una función de la calidad de transmisión escalar que toma en consideración la calidad de transmisión sobre medidas de corrientes múltiples y de sub-bandas múltiples,

$K'$  es un número dado que define el número de sub-bandas para las que deben transportarse índices del libro de códigos,  $K' < K$ , y

25  $N_s$  es un número de corrientes.

4. El método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el subconjunto  $\omega$  ( $m_1, \dots, m_{K'}$ ), los  $P$  índices del libro de códigos en el vector  $\Pi$  y el número de corrientes  $N_s$  cumplen:

$$\{\Pi, \omega, N_s\} = \arg \max_{\hat{\Pi}, \hat{\omega}, \hat{N}_s} f(\hat{\Pi}, \hat{\omega}, \hat{N}_s) \quad \text{en la que}$$

30  $\Pi$  es un vector que contiene  $P$  índices de la matriz de precodificación que corresponden a las sub-bandas o grupos de sub-bandas en el subconjunto de sub-bandas  $\omega$ ,

$f$  es una función de la calidad de transmisión escalar que toma en consideración la calidad de transmisión sobre medidas de corrientes múltiples y de sub-bandas múltiples,

$K'$  es un número dado que define el número de sub-bandas para las que deben transportarse índices del libro de códigos,  $K' < K$ , y

35  $N_s$  es un número de corrientes.

5. El método de acuerdo con la reivindicación 3 ó 4, en el que la función  $f$  se define como:

$$f(\Pi, \omega, N_s) = \min(EESM_1(\Pi, \omega, N_s), \Lambda, EESM_{N_s}(\Pi, \omega, N_s)) ; 0$$

$$f(\Pi, \omega, N_s) = \sum_{s=1}^{N_s} \log_2(1 + EESM_s(\Pi, \omega, N_s)) ; 0$$

$$f(\Pi, \omega, N_s) = \sum_{s=1}^{N_s} g_{BLER}(EESM_s(\Pi, \omega, N_s)) ; 0$$

40  $f(\Pi, \omega, N_s) = EESM_{1, \dots, N_s}(\Pi, \omega, N_s),$

en la que

EESM es una función de aplicación SIR exponencial efectiva, y

$g_{BLER}(x)$  es una función que aplica valores EESM a un tamaño lo más grande posible de bloques de códigos (número de bits de información) que da BLER inferior a un valor deseado prescrito.

5 6. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el que la unidad de transmisión es un BTS/Nodo B y la unidad de recepción es una estación móvil/UE.

10 7. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que un índice de la matriz de precodificación para un conjunto complementario  $\omega$  es comunicado a la unidad de transmisión además de los P índices de la matriz de precodificación para el subconjunto  $\omega$ , donde  $\omega \cup \omega = \Omega$  y  $\Omega$  es el conjunto total de las sub-bandas permitidas.

15 8. Una unidad de recepción dispuesta para reducir una cantidad de información de realimentación de precodificación en un sistema de comunicaciones de Entrada-Múltiple Salida-Múltiple (MIMO) de portadoras múltiples, estando dispuesto el sistema para transportar información sobre un número de corrientes  $N_s$  utilizando sub-portadoras múltiples que están agrupadas juntas en un conjunto  $\Omega$  de K sub-bandas permitidas ( $n_1, \dots, n_K$ ), caracterizada por que la unidad de recepción comprende:

medios para seleccionar conjuntamente, considerando al mismo tiempo la calidad de transmisión para cada combinación relevante de sub-bandas y matrices, un número limitado de P índices del libro de códigos y un número limitado de  $K'$  sub-bandas que deben incluirse en un subconjunto  $\omega$  ( $m_1, \dots, m_{K'}$ ) del conjunto  $\Omega$ , donde  $K' < K$  y P se ajusta a un valor  $P \leq K'$ , y

20 medios para transportar los P índices del libro de códigos de información que identifica el subconjunto  $\omega$  a la unidad de transmisión correspondiente;

en la que el número de índices del libro de códigos P es uno,  $P = 1$ .

9. La unidad de recepción de acuerdo con la reivindicación 8, en la que los índices del libro de códigos se incluyen en un vector  $\Pi$ .

25 10. La unidad de recepción de acuerdo con la reivindicación 9, en la que el subconjunto  $\omega$  ( $m_1, \dots, m_{K'}$ ) y los P índices del libro de códigos cumplen:

$$\{\Pi, \omega\} = \arg \max_{\hat{\Pi}, \hat{\omega}} f(\hat{\Pi}, \hat{\omega}, N_s)$$

en la que

30  $\Pi$  es un vector que contiene P índices de la matriz de precodificación que corresponden a las sub-bandas o grupos de sub-bandas en el subconjunto de sub-bandas  $\omega$ ,

$f$  es una función de la calidad de transmisión escalar que toma en consideración la calidad de transmisión sobre medidas de corrientes múltiples y de sub-bandas múltiples,

$K'$  es un número dado que define el número de sub-bandas para las que deben transportarse índices del libro de códigos,  $K' < K$ , y

35  $N_s$  es un número dado de corrientes.

11. La unidad de recepción de acuerdo con la reivindicación 9, en la que el subconjunto  $\omega$  ( $m_1, \dots, m_{K'}$ ) y los P índices del libro de códigos en el vector  $\Pi$  y el número de corrientes  $N_s$  cumplen

$$\{\Pi, \omega, N_s\} = \arg \max_{\hat{\Pi}, \hat{\omega}, \hat{N}_s} f(\hat{\Pi}, \hat{\omega}, \hat{N}_s)$$

40 en la que  $\Pi$  es un vector que contiene P índices de la matriz de precodificación que corresponden a las sub-bandas o grupos de sub-bandas en el subconjunto de sub-bandas  $\omega$ ,

$f$  es una función de la calidad de transmisión escalar que toma en consideración la

calidad de transmisión sobre medidas de corrientes múltiples y de sub-bandas múltiples,

$K'$  es un número dado que define el número de sub-bandas para las que deben transportarse índices del libro de códigos,  $K' < K$ , y

$N_s$  es un número dado de corrientes.

12. La unidad de recepción de acuerdo con las reivindicaciones 10 u 11, en la que la función  $f$  se define como

5 
$$f(\Pi, \omega, N_s) = \min(EESM_1(\Pi, \omega, N_s), \Lambda, EESM_{N_s}(\Pi, \omega, N_s)) \quad \circ$$

$$f(\Pi, \omega, N_s) = \sum_{i=1}^{N_s} \log_2(1 + EESM_i(\Pi, \omega, N_s)) \quad \circ$$

$$f(\Pi, \omega, N_s) = \sum_{i=1}^{N_s} g_{BLER}(EESM_i(\Pi, \omega, N_s)) \quad \circ$$

10

$$f(\Pi, \omega, N_s) = EESM_{1, \dots, N_s}(\Pi, \omega, N_s),$$

en la que

EESM es una función de aplicación SIR exponencial efectiva

15  $g_{BLER}(x)$  es una función que mapea valores EESM a un tamaño de bloque de códigos lo más grande posible correspondiente (número de bits de información), que da BLER menos que un valor deseado prescrito.

13. La unidad de recepción de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, en la que la unidad de transmisión es un BTS/Nodo B y la unidad de recepción es una estación móvil/UE.

20 14. La unidad de recepción de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13, en la que un índice de matriz de precodificación para un conjunto complementario  $\omega$  es transportado a la unidad de transmisión además de los  $P$  índices de la matriz de precodificación para el subconjunto  $\omega$ , donde  $\omega \cup \omega = \Omega$  y  $\Omega$  es el conjunto total de las sub-bandas permitidas.

25 15. Un sistema de comunicación de Entrada-Múltiple Salida Múltiple (MIMO) de portadoras múltiples, que comprende una unidad de transmisión en comunicación con una unidad de recepción de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 14, estando dispuesto el sistema para reducir una cantidad de información de realimentación de precodificación en el sistema, en el que

se transmite información sobre un número de corrientes  $N_s$  utilizando sub-potadoras múltiples que están agrupadas juntas en un conjunto  $\Omega$  de  $K$  sub-bandas permitidas ( $n_1, \dots, n_k$ ),

30 estando dispuesta la unidad de transmisión para seleccionar una matriz de precodificación adecuada que debe utilizarse a partir de un libro de códigos de precodificación basado en índices del libro de códigos realimentados desde la unidad de recepción, y la unidad de transmisión comprende:

35 medios para recibir información, realimentada desde la unidad de recepción, que identifica un número limitado de  $K'$  sub-bandas en un subconjunto  $\omega(m_1, \dots, m_k)$  del conjunto  $\Omega$  y un número limitado de  $P$  índices del libro de códigos que deben utilizarse para las  $K'$  sub-bandas en el subconjunto  $\omega$ , en el que  $K'$  se ajusta a un valor  $K' < K$  y  $P$  se ajusta a un valor  $P \leq K'$ , siendo seleccionados conjuntamente la información y los  $P$  índices del libro de códigos, considerando al mismo tiempo la calidad de la transmisión para cada combinación relevante de sub-bandas y matrices, y siendo realimentados desde la unidad de recepción, y medios para transmitir sobre las  $K'$  sub-bandas utilizando los  $P$  índices del libro de códigos.

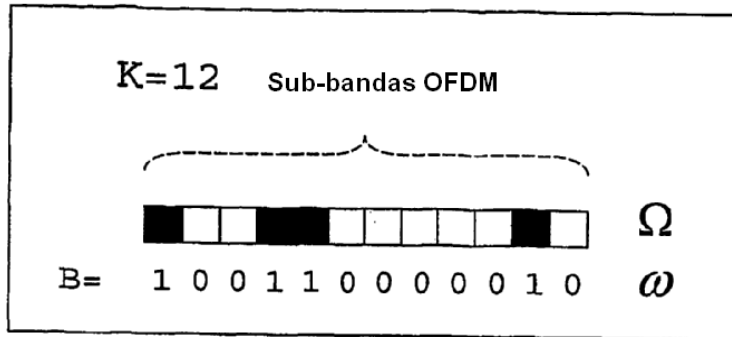
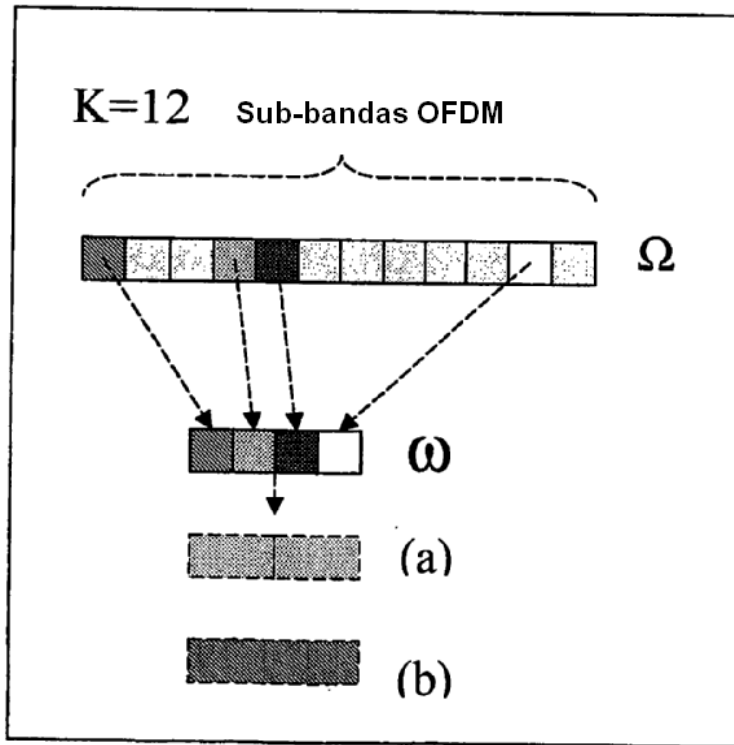


Fig. 1



**Fig. 2**

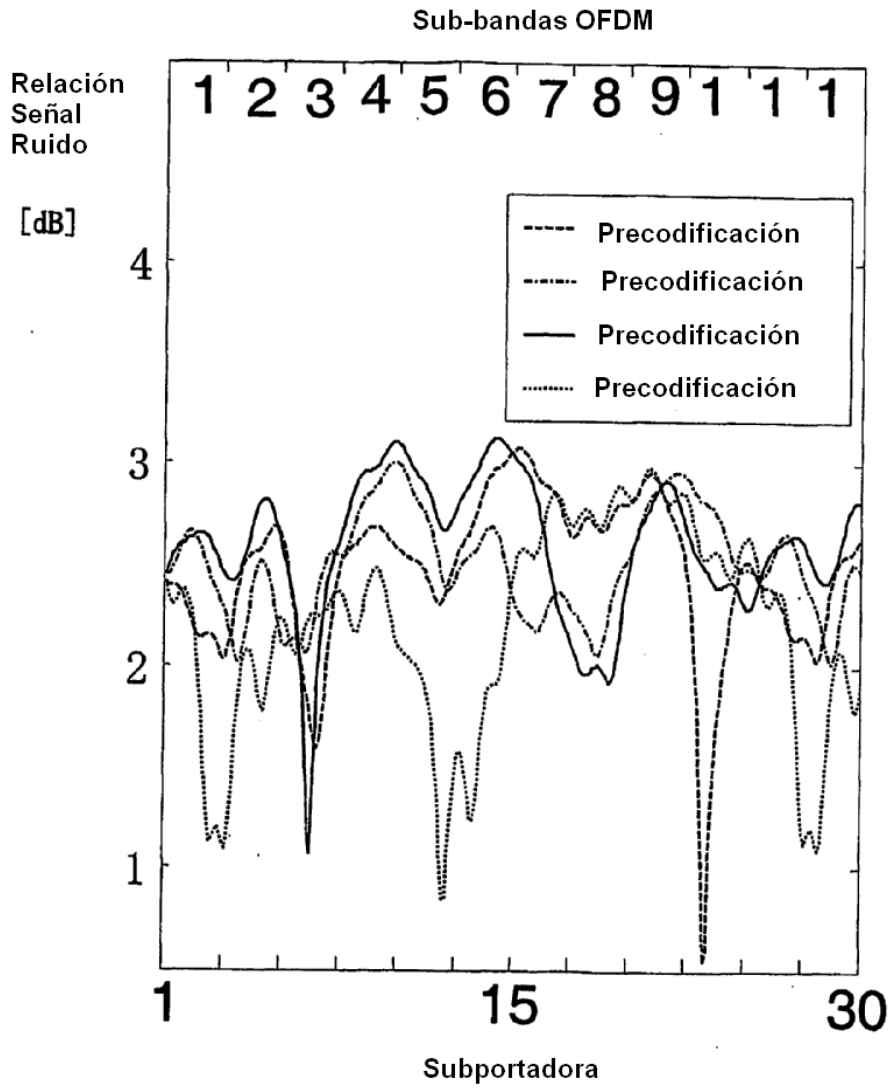


Fig. 3

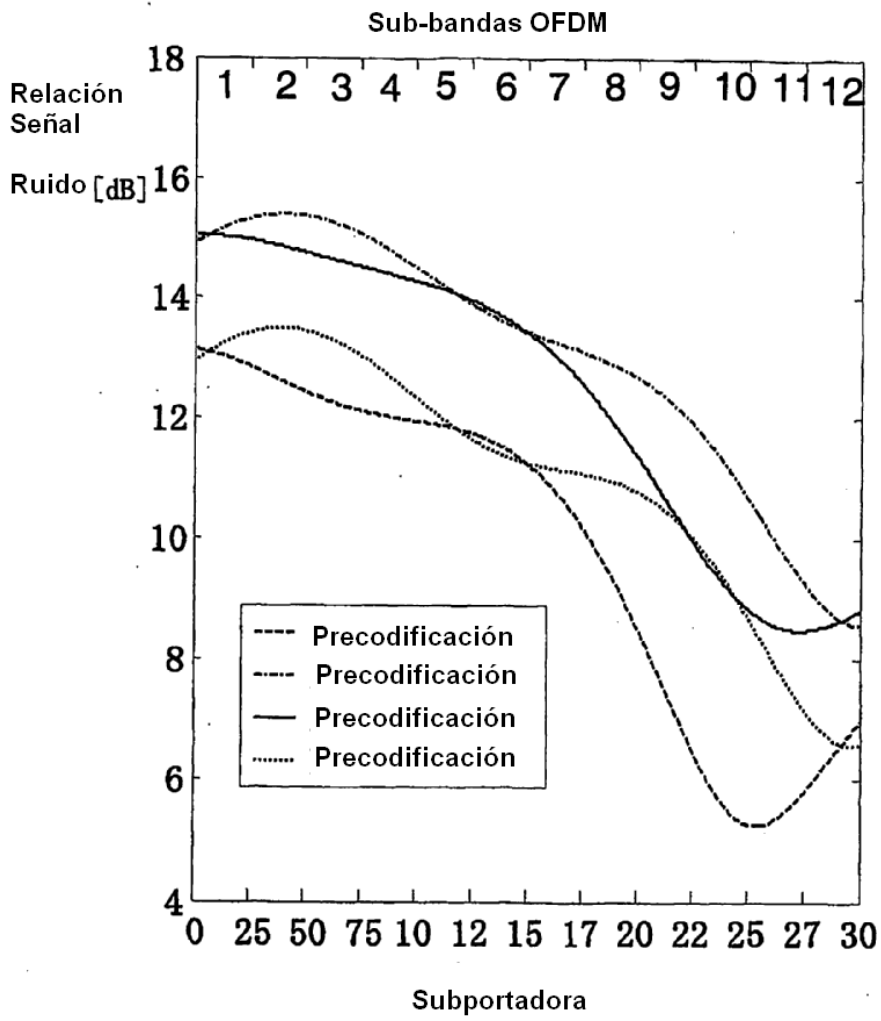


Fig. 4