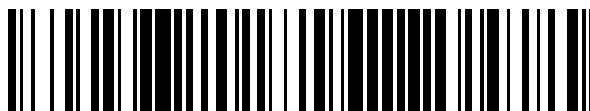


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 539 227**

51 Int. Cl.:

H04L 1/06 (2006.01)

H04B 7/06 (2006.01)

H04B 7/04 (2006.01)

H04B 7/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.12.2010 E 10841969 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.03.2015 EP 2522094**

54 Título: **Comunicación de información de estado de canal**

30 Prioridad:

08.01.2010 WO PCT/SE2010/000002
08.01.2010 SE 1000015

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.06.2015

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

FRENNE, MATTIAS y
LIU, JIANGHUA

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 539 227 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

Comunicación de información de estado de canal

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un método y aparato para comunicar información de estado de canal en una comunicación inalámbrica. Más en particular, se refiere a un método y aparato de comunicación de dicha información de estado de canales que tiene un libro de códigos representativo.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Es bien conocido en esta técnica que se mejora, en gran medida, el rendimiento si se puede utilizar una precodificación lineal en un lado de transmisor en sistemas de comunicaciones inalámbricas que soportan transmisiones de múltiples antenas. Dicha precodificación lineal se ha puesto en práctica, a modo de ejemplo, en la norma IEEE 802.16-2005 y en la norma 3GPP Rel. 8 de Evolución a Largo Plazo (LTE).

15

20

Como soporte a la precodificación en el lado del transmisor, el receptor, a veces también conocido como un equipo de usuario (UE) en el Enlace descendente (DL) necesita realimentar Información de Estado de Canal (CSI) sobre el canal de múltiples antenas entre antenas transmisoras y receptoras. La información CSI puede consistir en una representación del canal de múltiples antenas real o, como alternativa, un vector/matriz de precodificación preferida que el equipo de usuario UE ha determinado sobre la base de las mediciones realizadas en el canal de múltiples antenas. En este último caso, la información CSI se suele referir como un Indicador de Matriz de Precodificación (PMI).

25

Para reducir la sobrecarga de realimentación operativa cuando se señalizan informes de CSI, se requiere una cuantización con el fin de representar la CSI en un número finito de bits. A modo de ejemplo: la norma 3GPP LTE Rel. 8 utiliza un libro de códigos de matriz de precodificación constituido por 64 matrices y el equipo de usuario UE realimenta la matriz de precodificación preferida utilizando 6 bits de información.

30

Según se indicó con anterioridad, un libro de códigos de un número finito de matrices se suele utilizar para la cuantización de la CSI, en cuyo caso la realimentación de CSI es un índice para un libro de códigos que señala la matriz en el libro de códigos que mejor representa a la CSI. El índice se comunica luego al nodo de transmisión utilizando, a modo de ejemplo, una cadena de bits binarios.

35

Puesto que el canal es selectivo y de frecuencia y de tiempo por su propia naturaleza, un informe de CSI solamente es válido con exactitud razonable hasta algún ancho de banda máximo y para algún tiempo máximo. Si el sistema de comunicación requiere el soporte de anchos de banda de transmisión utilizando la precodificación lineal para un ancho de banda mayor de este ancho de banda máximo, la realimentación de múltiples informes de CSI se necesita a este respecto y además, estos informes de CSI necesitan repetirse en el tiempo con intervalos adecuados.

40

El ancho de banda y el intervalo de tiempo de cada uno de estos informes de CSI se indican como granularidad de tiempo-frecuencia de la CSI y si se utiliza un libro de códigos de matrices para la cuantización de la CSI, se comunica una sola matriz por intervalo de tiempo y ancho de banda de frecuencias.

45

Para cumplir los requisitos estrictos sobre el rendimiento de transmisión de datos en los futuros sistemas de comunicaciones inalámbricas, tales como el sistema de 3GPP LTE-Avanzada, se contempla la posibilidad de un número todavía mayor de antenas transmisoras y receptoras. Puesto que, de este modo, aumentan las dimensiones del canal de múltiples antenas, la sobrecarga de realimentación informativa de CSI requerida aumentará todavía más, con lo que se dificulta el aumento del rendimiento deseado.

50

Además, cuando el número de antenas (o de elementos de antena) se aumenta, las dimensiones físicas del transmisor y de los receptores también aumentará, lo que es indeseable debido al mayor área de p.e., una estación base (BS) que le hará más vulnerable a los efectos medioambientales tales como fuertes vientos. Además, el impacto arquitectónico (visible) sobre los edificios y el efecto sobre el paisajismo o ambiente urbano no debe olvidarse dentro de este contexto. Para resolver, en parte, el problema de mayores conjuntos de antenas se suele asumir elementos de antena polarizados duales, puesto que utilizando dos polarizaciones ortogonales del campo electromagnético, se pueden tener efectivamente dos antenas en una sola. De este modo, utilizando antenas polarizadas, la dimensión total de los conjuntos matriciales de antenas se reduce aproximadamente a la mitad.

55

60

Otro método obvio para hacer que el equipo con numerosos elementos de antena sea físicamente más pequeño es reducir el espacio comprendido entre los elementos de antena. Lo que antecede hará que las señales recibidas y transmitidas estén más en correlación (si tienen la misma polarización) y es bien conocido que se reducirá la ganancia de multiplexación espacial de múltiples antenas prevista. Sin embargo, es también conocido que las señales correlacionadas proporcionan haces estrechos y muy adecuados y entonces, podría utilizarse la multiplexación espacial de múltiples antenas para la transmisión a usuarios que estén espacialmente separados. Lo

65

que antecede se denomina, a veces, Acceso Múltiple por División Espacial (SDMA) o MIMO Multiusuario (MU-MIMO). De este modo, el inconveniente de más bajo rendimiento por usuario cuando se utilizan elementos de antena estrechamente espaciados puede compensarse transmitiendo a múltiples usuarios simultáneamente, lo que aumentará el rendimiento celular total (esto es, la suma del rendimiento de todos los usuarios en la célula).

5 Además, es una propiedad física conocida que el canal que emana de antenas con polarizaciones ortogonales están próximos a un desvanecimiento independiente. Además, es conocido que los canales que emanan de elementos de antena igualmente polarizados y estrechamente espaciados tienen un desvanecimiento correlacionado. En consecuencia, para espesores y receptores de múltiples antenas, que tengan un gran número de elementos de
10 antena, se prefiere los conjuntos matriciales de antenas compactos que utilizan también la dimensión de polarización. En este caso, se observa que entre los elementos de antena, es alta la correlación entre los canales de radio entre algunos pares de los elementos de antena, mientras que la correlación para los canales de radio entre algunos otros pares de los elementos de antena es baja o incluso despreciable. Se suele afirmar que el hecho de que dos antenas estén correlacionadas significa que el canal desde las dos antenas a cualquier antena de receptor
15 está en correlación. Este convenio se utiliza a través de toda la descripción de la presente invención.

En la especificación TS 36.211 de la norma 3GPP LTE, se define un libro de códigos de 16 matrices que facilita la realimentación operativa de conjuntos matriciales de antenas polarizadas duales. Cada matriz está indexada, de este modo, con un índice de 4 bits único. La realimentación operativa puede ser por sub-banda que es una parte
20 limitada del ancho de banda disponible total o banda ancha que es el ancho de banda disponible completo, esto es, la suma de todas las sub-bandas. En consecuencia, en conformidad con dicha especificación, se realimenta una información PMI de 4 bits para cada uno de las N sub-bandas o para el caso de banda ancha. Por lo tanto, se necesitan $4*N$ bits de realimentación cuando se utiliza el método en la especificación TS 36.211.

25 El documento QUALCOMM EUROPE: "Estructura de RS de enlace descendente en soporte de MIMO de más alto orden", 3GPP DRAFT; R1-092228 describe algunos principios de diseño con respecto al diseño de DM-RS y CSI-RS y estudia el rendimiento de CSI-RS con diferentes ciclos de servicio y diferentes muestreos de frecuencias. En particular, se utiliza una estructura de precodificación específica del rango operativo con matriz de precodificación de rango 16 según se define sobre la base de las matrices DFT aleatoriamente en rotación de fase. Se obtienen
30 matrices de precodificación de rango más pequeño seleccionando sub-matrices desde el libro de códigos de precodificación de rango 8.

El documento ERICSSON ET AL: "Principio de diseño de un precodificador de enlace descendente 8Tx para realimentación de equipo de usuario UE", 3GPP DRAFT; R1-094277 intenta una rectificación considerando los principios de diseño generales para la realimentación informativa del equipo UE sobre la base de la operación de 8
35 Tx como objetivo de la norma Rel-10 CSI RS. En particular, una característica importante del poste soporte cuádruple estrechamente espaciado es que las antenas pueden dividirse en dos grupos sobre la base de su polarización y que los canales, dentro de un grupo, suelen tender a estar bastante correlacionados. Por otro lado, los canales pertenecientes a dos grupos diferentes corresponden a polarizaciones ortogonales y por ello, suelen estar
40 no correlacionados. La correlación puede utilizarse para reducir la sobrecarga de realimentación informativa, puesto que es una ventaja operativa a largo plazo que sea bastante constante también a través del ancho de banda del sistema. Por el contrario, las relaciones de fase entre los canales de las dos polarizaciones son de naturaleza a corto plazo y varían a través del ancho de banda del sistema. Asimismo, propone la consideración de una flexibilidad adicional en la granularidad de tiempo-frecuencia de la realimentación informativa del equipo UE.

45 SUMARIO DE LA INVENCION

Un aspecto de la idea inventiva de la presente invención es dar a conocer un método para informar de CSI con una sobrecarga reducida en comparación con las soluciones de la técnica anterior. Además, un aspecto de la idea
50 inventiva es dar a conocer un método de información de CSI con exactitud mejorada. La invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

De este modo, puede reducirse la sobrecarga de informes de CSI y facilitar el aumento del rendimiento de la transmisión de datos de enlace ascendente. Asimismo, puede mejorarse la exactitud de los informes de CSI y, a
55 modo de ejemplo, ello da lugar a un aumento del rendimiento del usuario de enlace descendente y a un aumento del rendimiento celular de enlace descendente.

Además, se reduce la complejidad del receptor requerida en conformidad con las formas de realización preferidas, en donde el primer sub-índice es común a todas las sub-bandas y la selección del primer sub-índice no necesita repetirse para cada sub-banda. No obstante, otra ventaja de una forma de realización, a modo de ejemplo, de la
60 invención, es que el libro de códigos puede estar estructurado en una manera adecuada para beneficiarse de la transferencia de informes de CSI en función de las características de los conjuntos matriciales de antenas polarizados duales de frecuente uso.

65 BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

Los dibujos adjuntos están previstos para servir de aclaración y explicación de las diferentes formas de realización de la presente invención, en donde:

- 5 - La Figura 1 ilustra, a modo de ejemplo, un conjunto matricial de antenas polarizadas duales con seis elementos de antena V1, V2, V3, H1, H2 y H3, en donde los elementos V1, V2 y V3 tienen la misma polarización, que es ortogonal a la polarización de elementos de antena H1, H2 y H3;
- 10 - La Figura 2 ilustra una realización, a modo de ejemplo, en donde un ancho de banda completo se divide en cuatro sub-bandas y en donde se selecciona e informa para cada sub-banda con respecto a una matriz de precodificación preferida. El primer sub-índice es el mismo para todas las sub-bandas en esta realización, a modo de ejemplo, pero el segundo sub-índice puede ser diferente para cada sub-banda;
- 15 - La Figura 3 ilustra un diagrama de flujo de cómo un nodo de recepción puede seleccionar un índice matricial por sub-banda y transmitir un informe de CSI;
- La Figura 4 ilustra un diagrama de flujo de cómo una CSI por sub-banda puede reconstruirse mediante un nodo de transmisión de un informe de CSI recibido desde un nodo de recepción;
- 20 - La Figura 5 ilustra, a modo de ejemplo, el uso de los informes de realimentación informativa de CSI de banda ancha y los informes de realimentación informativa de CSI por sub-banda;
- La Figura 6 ilustra, a modo de ejemplo, la transmisión entre un nodo de transmisión (TN) y un nodo de recepción (RN) en un sistema de comunicación inalámbrica; y
- 25 - La Figura 7 ilustra la representación de tiempo-frecuencia de un canal en un sistema de comunicación de múltiples portadoras, en donde cada rectángulo representa la granularidad de tiempo-frecuencia por ancho de banda de frecuencias F y duración temporal T .

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

30 En las comunicaciones basadas en la información del estado de canal, CSI, recuperada en circuitos adaptados en consecuencia y comunicada/realimentada desde un nodo de recepción (RN) a un nodo de transmisión (TN) en un sistema de comunicación inalámbrica según se ilustra en la Figura 6, el nodo de transmisión comprende preferentemente circuitos de procesamiento adaptados para aplicar esta información sobre el estado del canal de radio para mejorar la posterior transmisión por múltiples antenas de datos al nodo de recepción.

35 En un sistema de comunicaciones multiportadora, tal como LTE o LTE-A, el canal subyacente para una subportadora dada entre un nodo de transmisión y un nodo de recepción se representa preferentemente por una matriz W , del tipo N_r filas y N_t columnas, en donde N_t es el número de antenas transmisoras y N_r es el número de antenas receptoras, respectivamente. Por lo tanto, la realimentación informativa de CSI puede ser una cuantización de la matriz W , de tipo N_r filas y N_t columnas, utilizando un libro de códigos C de matrices o W puede ser también una matriz de precodificación preferida que tenga las dimensiones de N_t filas y R columnas, en donde $1 \leq R \leq \min(N_r, N_t)$ es el rango de transmisión preferido. El rango operativo de transmisión, también conocido como el número de capas, determinado el grado de multiplexación espacial en una transmisión.

40 Puesto que el canal de radio tiene un desvanecimiento operativo en el dominio de la frecuencia y del tiempo, la matriz seleccionada o, de forma equivalente, la información CSI solamente será válida para algún ancho de banda de frecuencias F e intervalo temporal T , que de este modo, se indicará como la granularidad de tiempo-frecuencia de un informe de realimentación informativa de CSI.

45 La Figura 7 ilustra la granularidad de tiempo-frecuencia para un sistema de comunicaciones de múltiples portadoras, en donde cada rectángulo representa un ancho de banda de frecuencias y una duración temporal para la que la información CSI puede considerarse constante o similar y por lo tanto, un solo informe de CSI se requiere para cada uno de los rectángulos ilustrados en la Figura 7 para describir, con exactitud, la información CSI para el ancho de banda de transmisión total durante el intervalo de tiempo T .

50 De este modo, para informar de la CSI para un ancho de banda que sea K veces mayor que F , un informe de CSI estará constituido por un número K de CSIs, en donde cada uno de los informes de CSI refleja el estado del canal en un ancho de banda de frecuencias correspondiente F y en un intervalo de tiempo T . En consecuencia, un informe de realimentación contiene un número K de matrices W^i procedentes de un libro de códigos C , en donde $K \geq 1$ e $i = 0 \dots K-1$.

55 Se ha hecho constar, además, por los inventores que las antenas correlacionadas o el canal desde un grupo de antenas correlacionadas tienen un mayor ancho de banda de coherencia de la correlación espacial y un tiempo de coherencia más largo en comparación con las antenas, o entre grupos de antenas con más baja correlación, y por lo tanto, podría tener una más baja granularidad en su realimentación informativa. Por lo tanto, aun cuando una matriz

de realimentación W' de CSI tenga una granularidad de tiempo-frecuencia con un ancho de banda de frecuencias F y un intervalo temporal T , es posible estructurar la matriz W' de tal manera que diferentes subpartes de esta estructura matricial tenga una más baja granularidad de tiempo-frecuencia, esto es, F' y/o T' o de forma equivalente $F' > F$ y $T' > T$. Diferentes estructuras de una matriz W' de CSI están cubiertas por diferentes formas de realización de la presente invención.

La utilización de la correlación, en un informe de CSI, se consigue introduciendo una estructura especial de las matrices pertenecientes al libro de códigos C , lo que permite indexar las matrices en el libro de códigos C mediante un número P de sub-índices, en donde $P > 1$. Además, utilizando múltiples sub-índices, según la invención, cada uno de los sub-índices puede tener su propia granularidad de tiempo-frecuencia. Éste es un modo efectivo de baja complejidad que reduce el número total de bits requeridos para comunicar la información CSI y por lo tanto, resulta ventajosa en comparación con la técnica anterior.

En consecuencia, la presente invención se refiere a un método para comunicar la información CSI entre un nodo de transmisión y un nodo de recepción en un sistema de comunicación inalámbrica. El nodo de transmisión está adaptado para transmisiones de antenas transmisoras múltiples y la información CSI está representada por el número K de matrices W' procedentes de un libro de códigos C que comprende una pluralidad de matrices, en donde cada matriz en el libro de códigos C representa un estado o una matriz de precodificación preferida, para el canal de múltiples antenas desde el nodo de transmisión al nodo de recepción, $K \geq 1$ e $i = 0 \dots K-1$. El método comprende las etapas de: informar de un primer sub-índice k_1 e informar de al menos un segundo sub-índice adicional k_2 para cada una del número K de matrices W' , en donde cada uno del número K de matrices W' está indexado por los primeros sub-índices k_1 y los segundos sub-índices k_2 y los primeros k_1 y segundos k_2 sub-índices tienen diferente granularidad de informes de tiempo-frecuencia.

Por lo tanto, la invención puede entenderse como que el primer sub-índice k_1 indica una matriz M_{k_1} , procedente de un primer sub-libro de códigos C_1 y que el al menos un segundo sub-índice k_2 adicional indica una matriz $M_{k_2}^i$ procedente de un segundo sub-libro de códigos C_2 , de modo que cada una del número K de matriz W' en el libro de códigos C se generan a partir de las primeras M_{k_1} y segundas $M_{k_2}^i$ matrices, que son indexadas por el primer sub-índice k_1 y al menos un segundo sub-índice k_2 adicional, respectivamente.

Por lo tanto, la presente invención puede reducir la sobrecarga de realimentación informativa de CSI o, como alternativa, manteniendo la misma sobrecarga de realimentación informativa, es posible mejorar la exactitud informativa de la realimentación de CSI puesto que cada uno de los bits realimentados se utilizará con mayor eficiencia. Lo que antecede se consigue beneficiándose operativamente de las correlaciones del canal de radio, que son las mismas para las configuraciones de antenas comunes en la técnica, tales como un conjunto matricial de elementos de antena estrechamente espaciados con elementos de antena polarizados duales.

A modo de ejemplo de una forma de puesta en práctica de la invención: se supone un libro de códigos C con 32 matrices, de modo que se requieran 5 bits para indexar una matriz W' perteneciente a dicho libro de códigos C . Si la matriz W' está indexada por al menos dos sub-índices k_1, k_2 , en donde un primer sub-índice k_1 es un índice de tres bits y un segundo sub-índice k_2 es un índice de dos bits. De este modo, para representar una matriz, se necesitan ambos sub-índices k_1, k_2 y se utilizan 5 bits en total. Según se indicó con anterioridad, los diferentes sub-índices k_1 y k_2 realimentan con diferente granularidad en tiempo y/o frecuencia. Lo que antecede tiene ventajas con respecto a la sobrecarga informativa. A modo de ejemplo, el primer sub-índice k_1 puede informarse cada 10 milisegundos mientras que el segundo sub-índice k_2 se informa cada 1 milisegundo. El receptor del mensaje de realimentación actualiza, de este modo, el primer sub-índice k_1 en el par de índices k_1, k_2 con menos frecuencia que el segundo sub-índice k_2 . Las ventajas en la sobrecarga de esta disposición es evidente; en lugar de realimentar 5 bits por milisegundo o 5 kbits/s, la sobrecarga se ha reducido para realimentar efectivamente $(3+2 \cdot 10)/10 = 2.3$ bits por milisegundo o de forma equivalente, 2.3 kbits/s.

El mismo principio puede aplicarse para reducir la sobrecarga cuando se informa de CSI para múltiples sub-bandas en frecuencia, en donde la selección del primer sub-índice k_1 puede ser válida para un ancho de banda de 300 subportadoras y mientras que la selección del segundo sub-índice k_2 es válida para un ancho de banda de sub-bandas de 30 subportadoras. De este modo, si el ancho de banda total es 300 subportadoras, un primer sub-índice k_1 y diez segundos sub-índices k_2 deben informarse para indicar la matriz W' de cada sub-banda. La sobrecarga de realimentación informativa para soportar la realimentación de CSI por sub-banda se reduce, de este modo, desde 50 bits (si se comunican 5 bits para cada una de las 10 sub-bandas) a 23 bits (si se utilizan 3 bits para el primer sub-índice k_1 y 2 bits para cada uno de los segundo sub-índices k_2).

Este principio puede utilizarse también para mejorar la exactitud del informe de CSI, en donde la selección del primer sub-índice k_1 puede ser válida para un ancho de banda de 300 subportadoras, mientras que la selección del segundo sub-índice k_2 es válida para un ancho de banda de sub-banda de 15 subportadoras, que es menos que las 30 subportadoras en la realización anterior, a modo de ejemplo. Debido al sub-ancho de banda reducido, cada informe de CSI representará la CSI para un pequeño ancho de banda de frecuencias y por lo tanto, estará mejor adaptado para el canal de radio, esto es, tendrá mejor exactitud. En consecuencia, suponiendo que el ancho de

banda total incluye 300 subportadoras, un primer sub-índice k_1 y veinte segundos sub-índices k_2 deben informarse para indicar la matriz W^i para cada sub-banda. La sobrecarga de realimentación informativa para soportar la realimentación de CSI por sub-banda es, por lo tanto, de 43 bits (si 3 bits se utilizan para el primer sub-índice k_1 y 2 bits para cada uno de los segundo sub-índices k_2).

Una forma alternativa para mejorar la exactitud del informe de CSI es aumentar la magnitud del libro de códigos. Suponiendo que la selección del primer sub-índice k_1 es válida para un ancho de banda de 300 subportadoras, mientras que la selección del segundo sub-índice k_2 es válida para un ancho de banda de sub-banda de 30 subportadoras. En consecuencia, si el ancho de banda total es de 300 subportadoras, un primer sub-índice k_1 y diez segundos sub-índices k_2 deben informarse para indicar la matriz W^i para cada sub-banda. La sobrecarga de realimentación informativa para soportar la realimentación de CSI por sub-banda es de nuevo 43 bits, pero con un mayor libro de códigos (si 3 bits se utilizan para el primer sub-índice k_1 y 4 bits para cada uno de los sub-índices k_2).

Una forma de realización, a modo de ejemplo, adicional de la realimentación informativa de CSI por sub-banda se ilustra en la Figura 2, en donde el ancho de banda completo está dividido en cuatro sub-bandas y se ha utilizado una matriz procedente de un libro de códigos con $P=2$, en donde P indica el número de sub-índices utilizado para indexar cada matriz W^i en el libro de códigos C . El primer sub-índice para cada matriz W^i es común para todas las sub-bandas y por ello, necesita informarse solamente una vez, mientras que el segundo sub-índice depende del número de sub-bandas.

En la Figura 1, se ilustra un conjunto matricial de antenas polarizadas duales con seis elementos de antena. Cada una de las dos polarizaciones crea un conjunto matricial de antenas lineal con tres elementos de antena. Los elementos de antena con la misma polarización (p.e., V1 y V2) tendrán una alta correlación (esto es, generarán canales con alta correlación) si están situados con un espaciado estrecho pero la correlación entre elementos de antena con distinta correlación (p.e., V1 y H1) tendrán por lo general, una correlación baja o despreciable. Esta estructura matricial de antenas polarizada dual es una configuración de antenas preferida cuando numerosos elementos de antena, en el transmisor, es deseable debido al tamaño compacto obtenido utilizando dos antenas de polarización. El tamaño del conjunto matricial de antenas puede reducirse todavía más seleccionando una pequeña separación entre elementos de antena que tengan la misma polarización.

Por lo tanto, según una forma de realización de la invención, las propiedades de correlación antes citadas de conjuntos matriciales de antenas polarizados duales resultan ventajosas puesto que es conocido que las antenas con estrecho espaciamiento con la misma polarización tienen una alta correlación, mientras que las antenas con polarizaciones ortogonales tienen una correlación baja. Si un primer grupo de elementos de antenas están numerados de 1 a $N/2$ y están dispuestos de modo que tengan la misma polarización y un segundo grupo de elementos de antena están numerados $N/2+1$ a N_t tienen la misma polarización, pero ortogonal, con respecto al primer grupo. En tal caso, un libro de códigos de matriz C con $P=2$ índices puede estructurarse como:

$$W^i = \begin{bmatrix} M_{k_1} \\ M_{k_1} M_{k_2}^i \end{bmatrix} \text{ or } W^i = \begin{bmatrix} M_{k_1} \\ M_{k_2}^i M_{k_1} \end{bmatrix} \quad (1),$$

en donde las matrices M_{k_1} y $M_{k_2}^i$ se toman a partir de un primero y de un segundo sub-libro de códigos C_1 y C_2 , indexados por las primeras y segundas sub-matrices, respectivamente. La matriz M_{k_1} refleja, entonces, la matriz de precodificación para elementos de antena correlacionados y puede optimizarse luego para este entorno operativo utilizando, a modo de ejemplo, las matrices denominadas de Transformada de Fourier Discreta (DFT). La matriz $M_{k_2}^i$, que puede ser una matriz diagonal, refleja entonces la relación de fase y de amplitud entre las dos polarizaciones. De este modo, la matriz W^i es indexada por dos sub-índices k_1, k_2 , en donde el primer sub-índice k_1 puede retroinformarse con más baja granularidad en frecuencia y/o tiempo, puesto que este sub-índice corresponde al subconjunto correlacionado de elementos de antena, mientras que el segundo sub-índice k_2 puede retroinformarse con más alta granularidad en frecuencia y/o tiempo (p.e., más alta tasa de muestreo en frecuencia y/o tiempo), puesto que el segundo sub-índice corresponde a la relación entre las dos diferentes direcciones de polarización.

En otra forma de realización de la invención, una matriz W^i procedente del libro de códigos C que se deriva por dos matrices desde los sub-libro de códigos C_1 y C_2 por la ecuación (1) puede expresarse también como:

$$W^i = \begin{bmatrix} M_{k_1} \\ M_{k_1} D_{k_2} \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{pmatrix} M_{k_1} & 0 \\ 0 & M_{k_1} \end{pmatrix}}_{A_{k_1}} \underbrace{\begin{pmatrix} I \\ D_{k_2} \end{pmatrix}}_{B_{k_2}} \quad (2),$$

en donde un producto de dos matrices, cada una con diferentes índices describe la estructura de matriz subyacente.

Por lo tanto, en la ecuación (2) se utiliza una granularidad de tiempo-frecuencia diferente para informar del índice a las dos matrices M_{k_1} y $M_{k_2}^i$, respectivamente.

5 En otra forma de realización de la invención, las matrices W^i en el libro de códigos C con $P=2$ sub-índices puede estructurarse como:

$$W^i = M_{k_2}^i \otimes M_{k_1} \text{ or } W^i = M_{k_1} \otimes M_{k_2}^i \quad (3),$$

10 en donde \otimes es el producto de Kronecker y las matrices M_{k_1} y $M_{k_2}^i$ se obtienen a partir de los sub-libro de códigos C_1 y C_2 , respectivamente. La granularidad de tiempo-frecuencia del informe de la matriz M_{k_1} puede ser más alta o más baja que para la matriz $M_{k_2}^i$.

15 En otra forma de realización, las matrices W^i en el libro de códigos C con $P=2$ sub-índices puede estructurarse como:

$$W^i = M_{k_2}^i M_{k_1} \text{ or } W^i = M_{k_1} M_{k_2}^i \quad (4),$$

20 que es una estructura general en donde una de las matrices es la representación de banda ancha y la otra matriz es la representación de realimentación informativa por sub-banda.

En otra forma de realización de la invención, las matrices W^i en el libro de códigos C se estructuran como:

$$W^i = \begin{bmatrix} M_{k_1} \\ M_{k_1} e^{jd_{k_2}} \end{bmatrix} \quad (5),$$

25 en donde d_{k_2} es un escalar.

En otra forma de realización, el número de sub-índices es $P=3$ y las matrices W^i en el libro de códigos C son indexadas por tres sub-índices (k_1 , k_2 y k_3 , respectivamente) y pueden estructurarse como:

$$30 \quad W^i = \begin{bmatrix} M_{k_1} \\ M_{k_2}^i M_{k_3} \end{bmatrix} \text{ or } W^i = \begin{bmatrix} M_{k_1} \\ M_{k_3} M_{k_2}^i \end{bmatrix} \quad (6),$$

35 en donde M_{k_1} y M_{k_3} reflejan las matrices de precodificación para antenas correlacionadas, por lo que k_1 , k_3 se retroinforman con más baja granularidad de tiempo-frecuencia que el segundo sub-índice k_2 para la matriz $M_{k_2}^i$, lo que refleja la relación entre las polarizaciones y por ello, se realimenta con más alta granularidad en frecuencia y/o tiempo.

40 En conformidad con las normas 3GPP LTE y LTE-Avanzada, existen dos posibilidades de informes de realimentación, esto es, utilizando el Canal de Control de Enlace descendente Físico (PUCCH) y el Canal Compartido de Enlace ascendente Físico (PUSCH). El canal PUCCH está configurado para transmitir menos bits (carga útil baja) periódicamente, mientras que el canal PUSCH puede incluir un mayor número de bits y es un recurso aperiódico planificado. Además, una propiedad útil de la realimentación informativa de CSI es que cada informe es autónomo, lo que significa que no debe basarse en múltiples informes realimentados en diferentes instantes de tiempo para calcular el valor de CSI para una sub-banda dada. Por lo tanto, el canal PUCCH es adecuado para la realimentación de banda ancha lo que significa que el canal PUCCH contiene alguna información de CSI media para el ancho de banda de realimentación total. El canal PUSCH, por el contrario, que tiene menos limitación sobre la carga útil, y por lo tanto, puede transmitir más bits, es más adecuado para la información CSI por sub-banda detallada. Una realización, a modo de ejemplo, de esta estructura de realimentación informativa se ilustra en la Figura 5. En esta Figura, la altura de las barras, en cada instante de información, ilustra el número de bits comunicados en ese informe de CSI. El informe de canal PUCCH es periódico, mientras que el informe de canal PUSCH puede ser aperiódico, lo que significa que el nodo transmisor demanda un informe de canal PUSCH. Sin embargo, es también posible configurar un informe de canal PUSCH periódico con alguna otra periodicidad que el informe del canal PUCCH, lo que es bien entendido por los expertos en esta técnica.

55 El uso del canal PUCCH para la realimentación informativa de banda ancha puede soportarse por la presente invención mediante la realimentación informativa del número P de sub-índices y en donde exista solamente una sub-

banda que abarca el ancho de banda completo que refleja una CSI de banda ancha en el canal PUCCH. Además, se puede reducir la sobrecarga introduciendo alguna relación entre los P índices. Este último puede explicarse mediante una realización, a modo de ejemplo. Se supone la estructura matricial:

$$W^i = \begin{bmatrix} M_{k_1} \\ M_{k_1} e^{jd_{k_2}} \end{bmatrix} \quad (7),$$

en donde el primer sub-libro de códigos C_1 para la matriz M_{k_1} , viene dado por:

$$C_1 = \left\{ \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ i \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ -i \end{bmatrix} \right\} \quad (8),$$

en donde $i = \sqrt{-1}$, y el segundo sub-libro de códigos C_2 contienen escalares d_{k_2} dados por:

$$C_2 = \{ \pi \quad -\pi \} \quad (9).$$

Por lo tanto, el primer sub-índice k_1 está representado, en esta realización, a modo de ejemplo, por dos bits, mientras que el segundo sub-índice k_2 está representado por un bit solamente. Suponiendo que existen 10 sub-bandas en una realimentación informativa por sub-banda adecuada para el canal PUSCH, entonces se retroinforman $2+10*1=12$ bits. En una realimentación informativa de banda ancha adecuada para el canal PUCCH, se retroalimentan $2+1=3$ bits.

Según se indicó con anterioridad, es posible reducir todavía más la sobrecarga de realimentación informativa a dos bits introduciendo dependencias entre el número P de sub-índices. En un contenedor de realimentación informativa, en donde la carga útil está muy limitada, es posible obtener una tabla de pares "permitidos" de P sub-índices. Una realización, a modo de ejemplo, de esta disposición operativa se ilustra en la tabla 1 siguiente. Aunque el libro de códigos total contiene 8 elementos y requiere tres bits, esta disposición se ha reducido a dos bits en la realización, a modo de ejemplo, ilustrada en la tabla 1. Para seleccionar qué matrices deben incluirse en la tabla, es posible recurrir a diferentes modos de optimización y a modo de ejemplo, se tiene como objetivo maximizar la distancia cordal mínima entre las matrices restantes.

k_1	k_2	$W^i = \begin{bmatrix} M_{k_1} \\ M_{k_1} e^{jd_{k_2}} \end{bmatrix}$
0	0	$W^i = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$
1	1	$W^i = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix}$
2	0	$W^i = \begin{bmatrix} 1 \\ i \\ 1 \\ i \end{bmatrix}$
3	1	$W^i = \begin{bmatrix} 1 \\ -i \\ -1 \\ i \end{bmatrix}$

Tabla 1: Realización, a modo de ejemplo, de cómo reducir la sobrecarga de realimentación informativa introduciendo dependencias entre índices del libro de códigos.

Conviene señalar que las matrices W^i en el libro de códigos C pueden utilizarse como PMIs, lo que es evidente para un experto en esta técnica.

5 Además, la invención se refiere también a un método en un nodo de recepción, un método en un nodo de transmisión y sus dispositivos correspondientes.

10 El método en un nodo de transmisión para recibir y procesar información CSI entre el nodo de transmisión y un nodo de recepción, en donde CSI está representada por un número K de matrices W^i procedentes de un libro de códigos C que comprende una pluralidad de matrices. El método comprende las etapas de: recepción de un primer sub-índice k_1 ; recepción de al menos un segundo sub-índice k_2 adicional para cada una del número K de matrices W^i y la reconstrucción de cada una del número K de matrices W^i que son indexadas por dichos primeros sub-índices k_1 y segundos sub-índices k_2 , en donde los primeros sub-índices k_1 y segundos sub-índices k_2 tienen diferente granularidad de información de tiempo-frecuencia. Un dispositivo de nodo de transmisión es también dado a conocer en la presente solicitud de patente.

15 El método en un nodo de recepción para informar de CSI entre un nodo de transmisión y el nodo de recepción, en donde CSI está representada por el número K de matrices W^i procedentes de un libro de códigos C que incluye una pluralidad de matrices. El método comprende las etapas de: el nodo de recepción informa de un primer sub-índice k_1 y el nodo de recepción informa de al menos un segundo sub-índice adicional k_2 para cada una del número K de matrices W^i ; en donde cada una del número K de matrices W^i es indexada por el primer sub-índice k_1 y los segundos sub-índices k_2 y dichos primer sub-índice k_1 y segundos sub-índices k_2 tienen diferente granularidad de información de tiempo-frecuencia. Un dispositivo de nodo de recepción se da a conocer también en la presente solicitud de patente.

20 Es también entendido por los expertos en esta técnica que el método en un nodo de transmisión y el método en un nodo de recepción pueden modificarse *mutatis mutandis*, en función de las diferentes formas de realización del método en un sistema de comunicación inalámbrica en conformidad con la presente invención.

30 Además, un diagrama de flujo a modo de ejemplo, de cómo un nodo de recepción, que informa de CSI a un nodo de transmisión, selecciona la matriz por cada del número K de sub-bandas (esto es, sub-índices k_1 , k_2 por sub-banda en esta realización particular, a modo de ejemplo) y retroinforma esta información según se ilustra en la Figura 3.

35 En la Figura 4 se ilustra un diagrama de flujo, a modo de ejemplo, de cómo un nodo de transmisión reconstruye la CSI para cada una del número K de sub-bandas. El nodo de transmisión ha recibido un primer sub-índice k_1 y un número K de segundos sub-índices k_2 (uno para cada sub-banda) y utiliza los sub-índices y los primeros y segundos sub-libro de códigos C_1 y C_2 para reconstruir la matriz W^i para la i -ésima sub-banda. La matriz W^i representa, por lo tanto, la información CSI para la sub-banda i y es una matriz en el libro de códigos C .

40 Además según se entiende por los expertos en esta técnica, el método en un nodo de recepción y el método en un nodo de transmisión, en conformidad con la presente invención, pueden ponerse en práctica en un programa informático, que tenga medios de códigos, y luego se ejecuta en un ordenador lo que hace que el ordenador realice las etapas del método. El programa informático está incluido en un soporte legible por ordenador de un producto de programa informático. El soporte legible por ordenador puede consistir en esencialmente cualquier memoria, tal como una memoria ROM (memoria de solamente lectura), una memoria PROM (memoria de solamente lectura programable), un memoria EPROM (PROM borrable), una memoria instantánea Flash, una memoria EEPROM (PROM eléctricamente borrable) o una unidad de disco duro.

45 Por último, debe entenderse que la presente invención no está limitada a las formas de realización anteriormente descritas, sino que se refiere también e incorpora todas las formas de realización dentro del alcance de protección de las reivindicaciones independientes adjuntas.

55

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de nodo de recepción, RN, diseñado para comunicar información de estado de canal, CSI, entre un dispositivo de nodo de transmisión TN y dicho dispositivo RN en un sistema de comunicación inalámbrica, siendo dicho sistema de comunicación inalámbrica un sistema de comunicación celular de múltiples portadoras que tiene una pluralidad de subportadoras, siendo dicho dispositivo TN una estación base, BS, y siendo dicho dispositivo RN una estación móvil, MS, estando dicho dispositivo TN diseñado para la transmisión con múltiples antenas transmisoras y estando la información CSI representada por una o más matrices, W^i procedentes de un libro de códigos, C , que comprende una pluralidad de matrices, en donde cada matriz en dicho libro de códigos, C , representa un estado para el canal de múltiples antenas desde dicho TN a dicho RN, en donde i es un número entero, $i=0\dots K-1$, para $K \geq 1$ siendo el número de dichas una o más matrices W^i , estando dicho dispositivo RN caracterizado por cuanto que:

15 circuitos adaptados para informar de un primer sub-índice, k_1 , en donde dicha pluralidad de subportadoras en dicho sistema de comunicación de múltiples portadoras está dividida en una pluralidad de sub-bandas de frecuencias, representando cada una de dicha una o más matrices, W^i , a la CSI para una sub-banda de frecuencias y dicho primer sub-índice, k_1 es común para todas las sub-bandas; y

20 circuitos adaptados para informar de al menos un segundo sub-índice adicional, k_2 , para cada una de dichas una o más matrices, W^i , en donde dicho al menos un segundo sub-índice adicional, k_2 , para cada una de dichas una o más matrices, W^i , es específico para cada sub-banda;

en donde:

25 cada una de dichas una o más matrices, W^i , está indexada por dicho primer sub-índice, k_1 y segundo sub-índice, k_2 ; y

dichos primer sub-índice, k_1 , y segundo sub-índice, k_2 , tienen diferente granularidad de informes de tiempo-frecuencia.

30 2. El dispositivo RN según la reivindicación 1, en donde

dicho primer sub-índice, k_1 , indica una primera sub-matriz, M_{k_1} , procedente de un primer sub-libro de códigos, C_1 , indicando dicho segundo sub-índice, k_2 , para cada una de dichas una o más matrices, W^i , una segunda sub-matriz, $M_{k_2}^i$, procedente de un segundo sub-libro de códigos, C_2 , en donde dicho segundo sub-índice, k_2 , es el mismo o diferente para cada una de dichas una o más matrices, W^i ,

estando cada una de dichas una o más matrices, W^i , construida a partir de dicha primera sub-matriz M_{k_1} y de una segunda sub-matriz $M_{k_2}^i$.

40 3. El dispositivo RN según la reivindicación 2, en donde cada una de dichas una o más matrices, W^i , viene dada por:

$$W^i = \begin{bmatrix} M_{k_1} \\ M_{k_1} M_{k_2}^i \end{bmatrix} \text{ o } W^i = \begin{bmatrix} M_{k_1} \\ M_{k_2}^i M_{k_1} \end{bmatrix}.$$

45 4. El dispositivo RN según la reivindicación 2, en donde cada una de dichas una o más matrices, W^i , viene dada por:

$$W^i = M_{k_2}^i M_{k_1} \text{ o } W^i = M_{k_1} M_{k_2}^i.$$

50 5. El dispositivo RN según la reivindicación 2, en donde cada una de dichas una o más matrices, W^i , viene dada por:

$$W^i = \begin{bmatrix} M_{k_1} \\ M_{k_1} e^{jd_{k_2}} \end{bmatrix}, \text{ en donde } d_{k_2} \text{ es un escalar.}$$

55 6. El dispositivo RN según la reivindicación 1, en donde

dicho sistema de comunicación celular de múltiples portadoras es un sistema de evolución a largo plazo, LTE, o un sistema de evolución a largo plazo avanzado, LTE-A.

5 7. El dispositivo RN según la reivindicación 1, en donde dichas una o más matrices, W^i , se utilizan como indicadores de matriz de precodificación, PMIs, en dicho sistema de comunicación inalámbrica.

10 8. Un dispositivo de nodo de transmisión, TN, diseñado para recibir y procesar información de estado de canal, CSI, entre dicho dispositivo de nodo de transmisión, TN, y un dispositivo de nodo de recepción, RN, en un sistema de comunicación inalámbrica, siendo dicho sistema de comunicación inalámbrica un sistema de comunicación celular de múltiples portadoras que tiene una pluralidad de subportadoras, en donde dicho dispositivo TN es una estación base, BS y dicho dispositivo RN es una estación móvil, MS, estando dicho dispositivo TN dispuesto para la transmisión con múltiples antenas transmisoras y estando la información CSI representada por una o más matrices, W^i , procedentes de un libro de códigos, C , que comprende una pluralidad de matrices, en donde cada matriz, en dicho libro de códigos C , representa un estado para el canal de múltiples antenas desde dicho TN a dicho RN, en donde i es un número entero, siendo $i=0\dots K-1$, para $K \geq 1$ el número de dichas una o más matrices, W^i , estando dicho dispositivo TN caracterizado por cuanto que:

20 circuitos adaptados para la recepción de un primer sub-índice, k_1 , en donde dicha pluralidad de subportadoras en dicho sistema de comunicación de múltiples portadoras, está dividida en una pluralidad de sub-bandas de frecuencias, representando cada una de dichas una o más matrices, W^i , a la información CSI para una sub-banda de frecuencias y dicho primer sub-índice, k_1 es común para todas las sub-bandas;

25 circuitos adaptados para la recepción de al menos un segundo sub-índice adicional, k_2 , para cada una de dichas una o más matrices, W^i , en donde dicho al menos un segundo sub-índice adicional, k_2 , para cada una de dichas una o más matrices, W^i , es específico para cada sub-banda; y

30 circuitos adaptados para reconstruir cada una de dichas una o más matrices, W^i , que están indexadas por dicho primer sub-índice, k_1 , y segundo sub-índice, k_2 ,

en donde:

dicho primer sub-índice, k_1 , y segundo sub-índice, k_2 , tienen diferente granularidad de informes de tiempo-frecuencia.

35 9. El dispositivo TN según la reivindicación 8, en donde

dicho primer sub-índice, k_1 , indica una primera sub-matriz, M_{k_1} , procedente de un primer sub-libro de códigos, C_1 ,

40 indicando dicho segundo sub-índice, k_2 , para cada una de dichas una o más matrices, W^i , una segunda sub-matriz, $M_{k_2}^i$, procedente de un segundo sub-libro de códigos, C_2 , en donde dicho segundo sub-índice, k_2 , es el mismo o diferente para cada una de dichas una o más matrices, W^i ,

45 estando cada una de dichas una o más matrices, W^i , construida a partir de dicha primera sub-matriz M_{k_1} y de una segunda sub-matriz $M_{k_2}^i$.

10. El dispositivo TN según la reivindicación 9, en donde cada una de dichas una o más matrices, W^i , viene dada por:

$$W^i = \begin{bmatrix} M_{k_1} \\ M_{k_1} M_{k_2}^i \end{bmatrix} \text{ o } W^i = \begin{bmatrix} M_{k_1} \\ M_{k_2}^i M_{k_1} \end{bmatrix}.$$

50 11. El dispositivo TN según la reivindicación 9, en donde cada una de dichas una o más matrices, W^i , viene dada por:

$$W^i = M_{k_2}^i M_{k_1} \text{ o } W^i = M_{k_1} M_{k_2}^i$$

55 12. El dispositivo TN según la reivindicación 9, en donde cada una de dichas una o más matrices, W^i , viene dada por:

$$W^i = \begin{bmatrix} M_{k_1} \\ M_{k_1} e^{jd_{k_2}} \end{bmatrix}, \text{ en donde } d_{k_2} \text{ es un escalar.}$$

13. El dispositivo TN según la reivindicación 8 en donde

5 dicho sistema de comunicación celular de múltiples portadoras es un sistema de evolución a largo plazo, LTE, o un sistema de evolución a largo plazo avanzado, LTE-A.

14. El dispositivo TN según la reivindicación 8, en donde dichas una o más matrices, W^i , se utilizan como indicadores de matriz de precodificación, PMIs, en dicho sistema de comunicación inalámbrica.

10

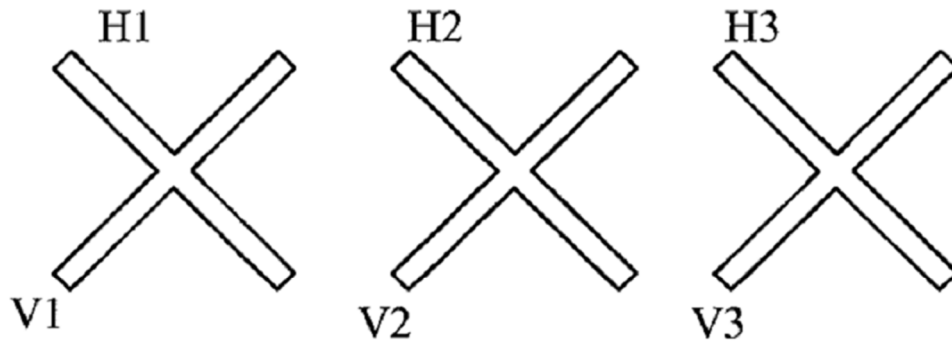


Fig. 1

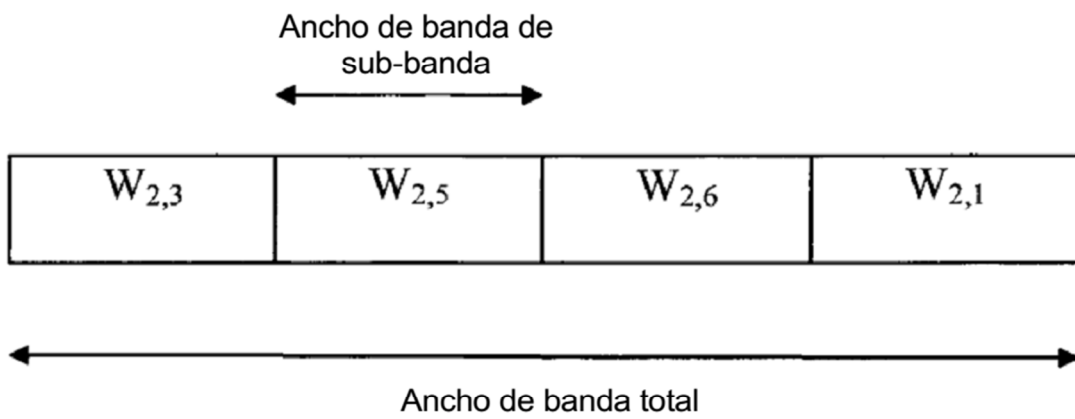


Fig. 2

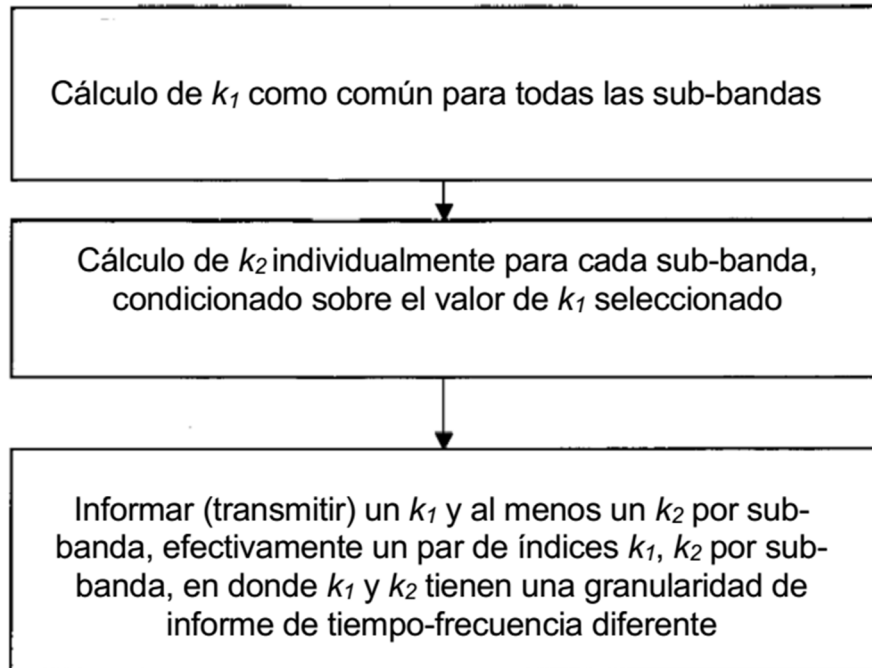


Fig. 3

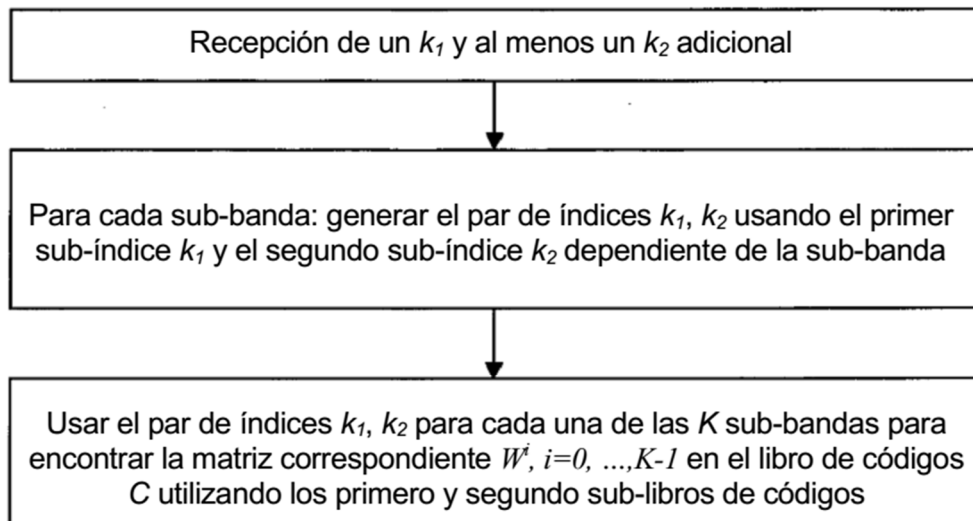


Fig. 4

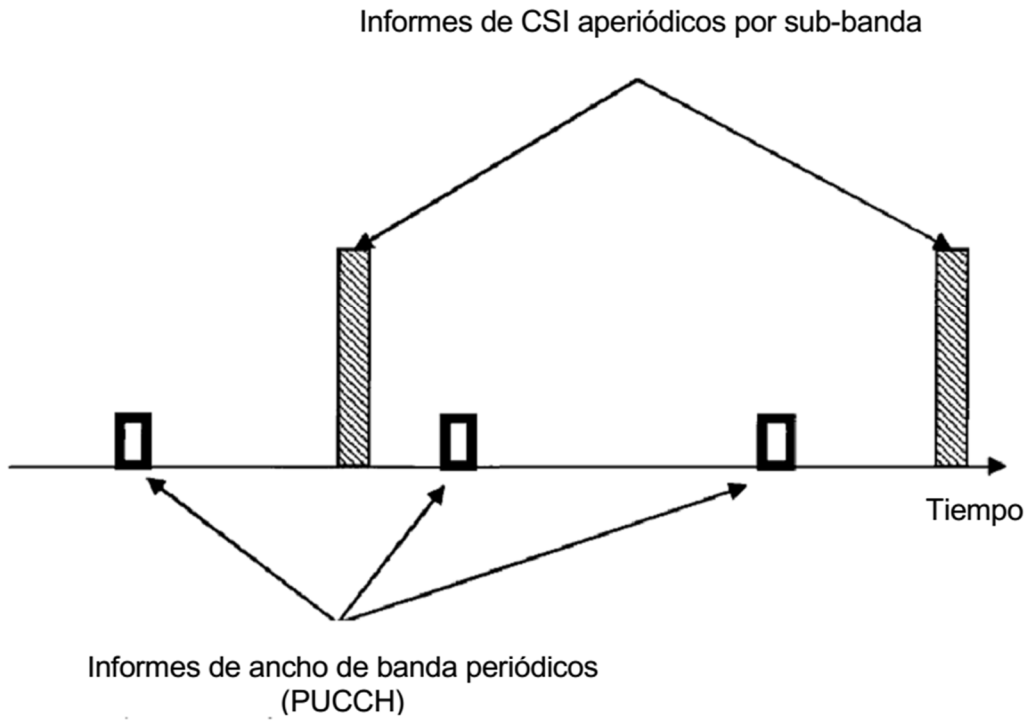


Fig. 5

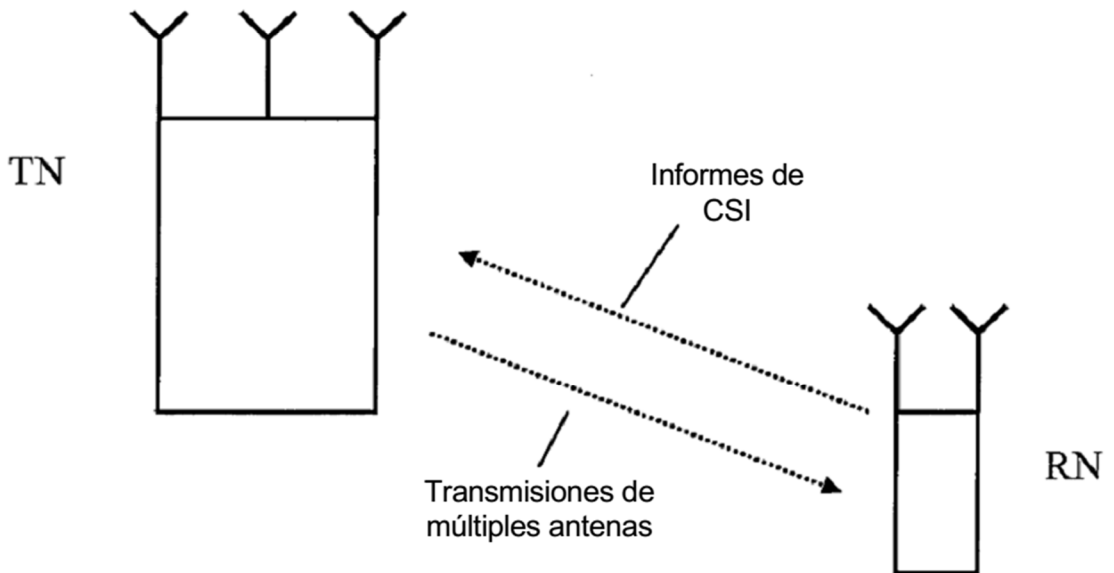


Fig. 6

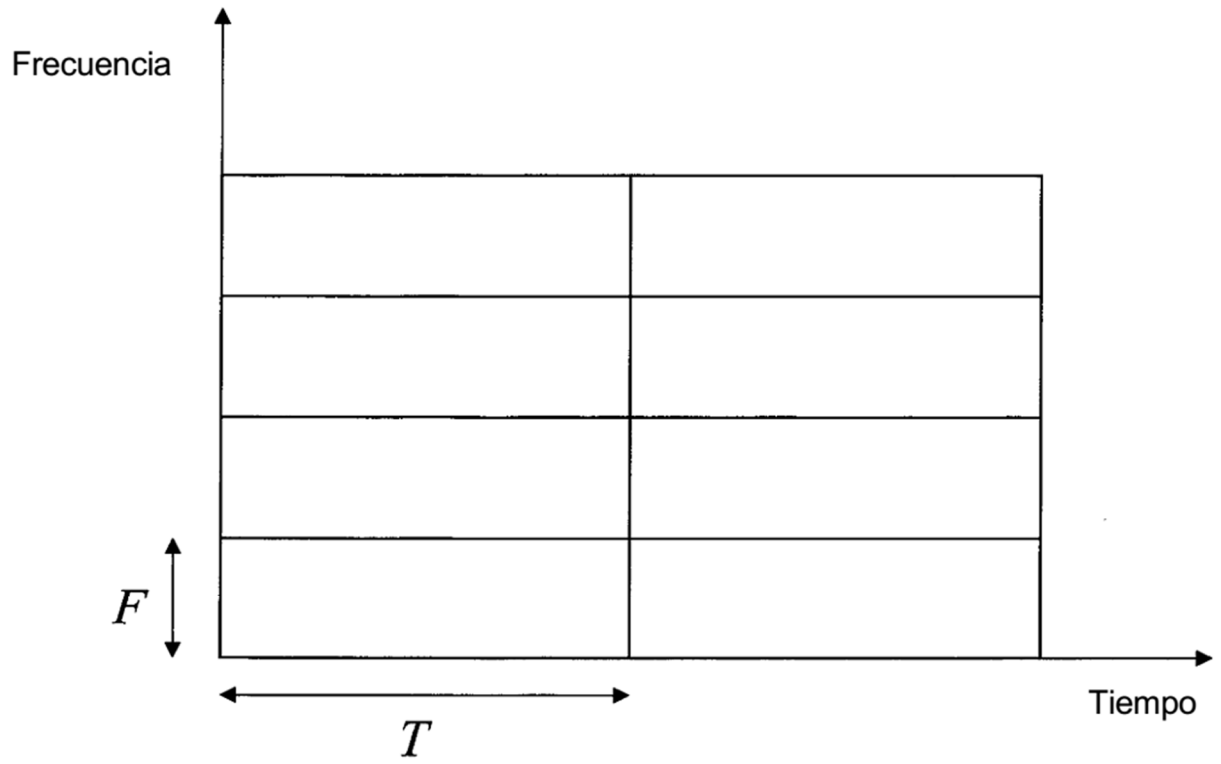


Fig. 7