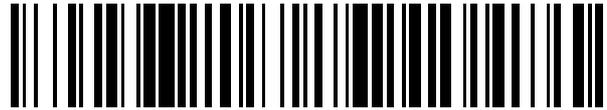


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 568 073**

51 Int. Cl.:

H04B 7/26 (2006.01)

H04J 11/00 (2006.01)

H04B 7/06 (2006.01)

H04B 7/04 (2006.01)

H04L 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.06.2014 E 14807451 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.03.2016 EP 2875594**

54 Título: **Submuestreo de libros de códigos y de retroalimentación de información de estado de canal (CSI)**

30 Prioridad:

07.06.2013 US 201361832635 P

09.08.2013 US 201361864082 P

04.06.2014 US 201414295406

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.04.2016

73 Titular/es:

NEC CORPORATION (100.0%)

7-1, Shiba 5-chome Minato-ku

Tokyo 108-8001, JP

72 Inventor/es:

YUE, GUOSEN;

PRASAD, NARAYAN y

RANGARAJAN, SAMPATH

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 568 073 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

Submuestreo de libros de códigos y de retroalimentación de información de estado de canal (CSI)

Antecedentes de la invención

5 La presente invención se refiere al libro de códigos para sistemas de comunicaciones inalámbricas o móviles y, más en particular, a información de retroalimentación para el libro de códigos.

1. Introducción

10 En sesiones recientes de 3GPP (Proyecto Partnership de 3ª Generación), se ha acordado que la Edición 12 de 3GPP (Rel. 12) o posterior LTE (Evolución a Largo Plazo), también conocida como LTE-Avanzada o LTE-A, adopte un nuevo libro de códigos para entrada múltiple y salida múltiple (MIMO) con 4 antenas de transmisión (4-Tx) en base a la estructura de doble libro de códigos, es decir, el precodificador $G=W_1W_2$, como para el libro de códigos de 8-Tx en la Edición 10 de 3GPP.

15 En el último encuentro de RAN1, RAN1#73, se han consensuado dos libros de códigos en [1], soluciones 2a y 2b, como los únicos candidatos para el nuevo libro de códigos de 4-Tx con libro de códigos W_1 de 4 bits y libro de códigos W_2 de 4 bits para ambos rangos 1 y 2. Éstos comparten el mismo libro de códigos W_1 con emisiones bien espaciadas y las entradas W_2 para rango 1. Para W_2 de rango 2, los dos libros de códigos tienen entradas diferentes.

La solución 2a del libro de códigos en [1] puede ser adoptada como libro de códigos 4Tx mejorado para los rangos 1 y 2.

20 Para los rangos 3 y 4, se ha decidido que W_1 sea una matriz de identidad y que W_2 use la contraseña de 4-Tx de la Edición 8 (rangos 3 y 4).

Por otra parte, para retroalimentación de información de estado de canal (CSI) periódica de enlace ascendente en un canal físico de control de enlace ascendente (PUCCH), el número de bits empaquetados para cada informe de CSI está limitado debido a los recursos de canal limitados. Por lo tanto, para la retroalimentación de CSI periódica en base a nuevos libros de códigos de 4-Tx, se necesita un submuestreo en algunos modos de retroalimentación.

25 Se ha considerado el diseño de submuestreo de un libro de códigos de 4-Tx para retroalimentación de CSI periódica en PUCCH, en particular el modo 1-1 submodo 1 y submodo 2, y el modo 2-1.

El rango de transmisión (denominado a veces "rango") es el número de capas de transmisión (denominadas a veces "capas"). Un libro de códigos es un conjunto de contraseñas. Una contraseña se conoce también como un precodificador o una matriz de precodificación.

30 Referencias

[1] R1-132738, "Forma Avanzada de Diseño de Libro de Códigos de Rangos 1 y 2 de 4Tx para Potenciación de MIMO de Enlace Descendente en Rel-12", Alcatel-Lucent, et al.

[2] 3GPP TS36.211 "Acceso de Radio Terrestre Universal Evolucionada (E-UTRA); Canales Físicos y Modulación", v11.2.0, Marzo de 2013.

35 [3] 3GPP TS36.213 "Acceso de Radio Terrestre Universal Evolucionada (E-UTRA); Procedimientos de capa física", v11.2.0, Febrero de 2013.

Breve resumen de la invención

Un objetivo de la presente invención consiste en proporcionar una solución para transmitir desde un equipo de usuario hasta una estación de base información de retroalimentación para el libro de códigos.

40 Un aspecto de la presente invención incluye un método implementado en una estación de base usada en un sistema de comunicaciones inalámbricas. El método comprende recibir, desde un equipo de usuario, indicación de rango (RI), un primer indicador de matriz de precodificación (PMI), y un segundo PMI, estando la RI y el primer PMI codificados conjuntamente, en donde se usan 5 bits para la transmisión de la RI y del primer PMI codificados conjuntamente, y en donde los 8 primeros valores de los valores expresados por los 5 bits se usan para RI=1, los 8 segundos valores de los valores expresados por los 5 bits se usan para RI=2, un tercer valor de los valores expresados por los 5 bits se usa para RI=3, un cuarto valor de los valores expresados por los 5 bits se usa para RI=4, y los 14 valores restantes de los valores expresados por los 5 bits se reservan.

50 Otro aspecto de la presente invención incluye un método implementado en un equipo de usuario usado en un sistema de comunicaciones inalámbricas. El método comprende transmitir, hasta una estación de base, una indicación de rango (RI), un primer indicador de matriz de precodificación (PMI), y un segundo PMI, estando la RI y

5 el primer PMI codificados conjuntamente, en donde se usan 5 bits para transmisión de la RI y del primer PMI codificados conjuntamente, y en donde los 8 primeros valores de los valores expresados por los 5 bits se usan para RI=1, los 8 segundos valores de los valores expresados por los 5 bits se usan para RI=2, un tercer valor de los valores expresados por los 5 bits se usa para RI=3, un cuarto valor de los valores expresados por los 5 bits se usa para RI=4, y los 14 valores restantes de los valores expresados por los 5 bits se reservan.

10 Otro aspecto más de la presente invención incluye una estación de base usada en un sistema de comunicaciones inalámbricas. La estación de base comprende un receptor para recibir, desde un equipo de usuario, una indicación de rango (RI), un primer indicador de matriz de precodificación (PMI) y un segundo PMI, siendo la RI y el primer PMI codificados conjuntamente, en donde se usan 5 bits para la transmisión de la RI y del primer PMI codificados conjuntamente, y en donde los 8 primeros valores de los valores expresados por los 5 bits se usan para RI=1, los 8 segundos valores de los valores expresados por los 5 bits se usan para RI=2, un tercer valor de los valores expresados por los 5 bits se usa para RI=3, un cuarto valor de los valores expresados por los 5 bits se usa para RI=4, y los restantes 14 valores de los valores expresados por los 5 bits se reservan.

15 Otro aspecto más de la presente invención incluye un equipo de usuario usado en un sistema de comunicaciones inalámbricas. El equipo de usuario comprende un transmisor para transmitir, hasta una estación de base, una indicación de rango (RI), un primer indicador de matriz de precodificación (PMI) y un segundo PMI, estando la RI y el primer PMI codificados conjuntamente, en donde se usan 5 bits para la transmisión de la RI y del primer PMI codificados conjuntamente, y en donde los primeros 8 valores de los valores expresados por los 5 bits se usan para RI=1, los segundos 8 valores de los valores expresados por los 5 bits se usan para RI=2, un tercer valor de los valores expresados por los 5 bits se usa para RI=3, un cuarto valor de los valores expresados por los 5 bits se usa para RI=4, y los 14 valores restantes de los valores expresados por los 5 bits se reservan.

20 Otro aspecto más de la presente invención incluye un método implementado en un sistema de comunicaciones inalámbricas. El método comprende transmitir, desde un equipo de usuario hasta una estación de base, una indicación de rango (RI), un primer indicador de matriz de precodificación (PMI) y un segundo PMI, estando la RI y el primer PMI codificados conjuntamente, en donde se usan 5 bits para la transmisión de la RI y del PMI codificados conjuntamente, y en donde los primeros 8 valores de los valores expresados por los 5 bits se usan para RI=1, los segundos 8 valores de los valores expresados por los 5 bits se usan para RI=2, un tercer valor de los valores expresados por los 5 bits se usa para RI=3, un cuarto valor de los valores expresados por los 5 bits se usa para RI=4, y los 14 valores restantes de los valores expresados por los 5 bits se reservan.

25 Otro aspecto más de la presente invención incluye un sistema de comunicaciones inalámbricas. El sistema de comunicaciones inalámbricas comprende una estación de base y un equipo de usuario para transmitir, hasta la estación de base, una indicación de rango (RI), un primer indicador de matriz de precodificación (PMI) y un segundo PMI, estando la RI y el primer PMI codificados conjuntamente, en donde se usan 5 bits para la transmisión de la RI y del PMI codificados conjuntamente, y en donde los primeros 8 valores de los valores expresados por los 5 bits se usan para RI=1, los segundos 8 valores de los valores expresados por los 5 bits se usan para RI=2, un tercer valor de los valores expresados por los 5 bits se usa para RI=3, un cuarto valor de los valores expresados por los 5 bits se usa para RI=4, y los 14 valores restantes de los valores expresados por los 5 bits se reservan.

30 Otro aspecto más de la presente invención incluye un método implementado en una estación de base usada en un sistema de comunicaciones inalámbricas. El método comprende recibir, desde un equipo de usuario, una indicación de rango (RI), un primer indicador de matriz de precodificación (PMI) (índice de libro de códigos i_1), y un segundo PMI, estando la RI y el primer PMI codificados conjuntamente, en donde, para RI=2, se asignan los valores 8-15 a la codificación conjunta de la RI y del primer PMI ($I_{RI/PMI1}$).

35 Otro aspecto más de la presente invención incluye un método implementado en un equipo de usuario usado en un sistema de comunicaciones inalámbricas. El método comprende transmitir, hasta una estación de base, una indicación de rango (RI), un primer indicador de matriz de precodificación (PMI) (índice de libro de códigos i_1), y un segundo PMI, estando la RI y el primer PMI codificados conjuntamente, en donde, para RI=2, se asignan los valores 8-15 a la codificación conjunta de la RI y del primer PMI ($I_{RI/PMI1}$).

40 Otro aspecto más de la presente invención incluye una estación de base usada en un sistema de comunicaciones inalámbricas. La estación de base comprende un receptor para recibir, desde un equipo de usuario, una indicación de rango (RI), un primer indicador de matriz de precodificación (PMI) (índice de libro de códigos i_1), y un segundo PMI, estando la RI y el primer PMI codificados conjuntamente, en donde, para RI=2, se asignan los valores 8-15 a la codificación conjunta de la RI y del primer PMI ($I_{RI/PMI1}$).

45 Otro aspecto más de la presente invención incluye un equipo de usuario usado en un sistema de comunicaciones inalámbricas. El equipo de usuario comprende un transmisor para transmitir, hasta una estación de base, una indicación de rango (RI), un primer indicador de matriz de precodificación (PMI) (índice de libro de códigos i_1), y un segundo PMI, estando la RI y el primer PMI codificados conjuntamente, en donde, para RI=2, se asignan los valores 8-15 a la codificación conjunta de la RI y del primer PMI ($I_{RI/PMI1}$).

Otro aspecto más de la presente invención incluye un método implementado en un sistema de comunicaciones

inalámbricas. El método comprende transmitir, desde un equipo de usuario hasta una estación de base, una indicación de rango (RI), un primer indicador de matriz de precodificación (PMI) (índice de libro de códigos i_1), y un segundo PMI, estando la RI y el primer PMI codificados conjuntamente, en donde, para RI=2, se asignan los valores 8-15 a la codificación conjunta de la RI y del primer PMI ($I_{RI/PMI1}$).

5 Otro aspecto más de la presente invención incluye un sistema de comunicaciones inalámbricas. El sistema de comunicaciones inalámbricas comprende una estación de base y un equipo de usuario para transmitir, hasta la estación de base, una indicación de rango (RI), un primer indicador de matriz de precodificación (PMI) (índice de libro de códigos i_1) y un segundo PMI, estando la RI y el primer PMI codificados conjuntamente, en donde, para RI=2, se asignan los valores 8-15 a la codificación conjunta de la RI y del primer PMI ($I_{RI/PMI1}$).

10 Otro aspecto más de la presente invención incluye un método implementado en una estación de base usada en un sistema de comunicaciones inalámbricas. El método comprende recibir, desde un equipo de usuario, una indicación de rango (RI), un primer indicador de matriz de precodificación (PMI), y un segundo PMI (índice de libro de códigos i_2), en donde se asignan los valores 0-15 al segundo PMI I_{PMI2} para RI=1 y se asignan los valores 0-3 al segundo PMI I_{PMI2} para cada uno de RI=2, RI=3, y RI=4, y en donde el índice de libro de códigos i_2 comprende I_{PMI2} para RI=1.

15 Otro aspecto más de la presente invención incluye un método implementado en un equipo de usuario usado en un sistema de comunicaciones inalámbricas. El método comprende transmitir, hasta una estación de base, una indicación de rango (RI), un primer indicador de matriz de precodificación (PMI) y un segundo PMI (índice de libro de códigos i_2), en donde se asignan los valores 0-15 al segundo PMI I_{PMI2} para RI=1 y se asignan los valores 0-3 al segundo PMI I_{PMI2} para cada una de RI=2, RI=3, y RI=4, y en donde el índice de libro de códigos i_2 comprende I_{PMI2} para RI=1.

20 Otro aspecto más de la presente invención incluye una estación de base usada en un sistema de comunicaciones inalámbricas. La estación de base comprende un receptor para recibir, desde un equipo de usuario, una indicación de rango (RI), un primer indicador de matriz de precodificación (PMI), y un segundo PMI (índice de libro de códigos i_2), en donde se asignan los valores 0-15 al segundo PMI I_{PMI2} para RI=1 y se asignan los valores 0-3 al segundo PMI I_{PMI2} para RI=2, RI=3 y RI=4, y en donde el índice de libro de códigos i_2 comprende I_{PMI2} para RI=1.

25 Otro aspecto más de la presente invención incluye un equipo de usuario usado en un sistema de comunicaciones inalámbricas. El equipo de usuario comprende un transmisor para transmitir, hasta una estación de base, una indicación de rango (RI), un primer indicador de matriz de precodificación (PMI) y un segundo PMI (índice de libro de códigos i_2), en donde se asignan los valores 0-15 al segundo PMI I_{PMI2} para RI=1 y se asignan los valores 0-3 al segundo PMI I_{PMI2} para cada una de RI=2, RI=3 y RI=4, y en donde el índice de libro de códigos i_2 comprende I_{PMI2} para RI=1.

30 Otro aspecto más de la presente invención incluye un método implementado en un sistema de comunicaciones inalámbricas. El método comprende transmitir, desde un equipo de usuario hasta una estación de base, una indicación de rango (RI), un primer indicador de matriz de precodificación (PMI), y un segundo PMI (índice de libro de códigos i_2), en donde se asignan los valores 0-15 al segundo PMI I_{PMI2} para RI=1 y se asignan los valores 0-3 al segundo PMI I_{PMI2} para cada una de RI=2, RI=3 y RI=4, y en donde el índice de libro de códigos i_2 comprende I_{PMI2} para RI=1.

35 Otro aspecto más de la presente invención incluye un sistema de comunicaciones inalámbricas que comprende una estación de base y un equipo de usuario para transmitir, hasta la estación de base, una indicación de rango (RI), un primer indicador de matriz de precodificación (PMI), un segundo PMI (índice de libro de códigos i_2), en donde los valores 0-15 se asignan al segundo PMI I_{PMI2} para RI=1 y los valores 0-3 se asignan al segundo PMI I_{PMI2} para cada una de RI=2, RI=3 y RI=4, y en donde el índice de libro de códigos i_2 comprende I_{PMI2} para RI=1.

Breve descripción de los dibujos

45 La Figura 1 representa estadísticas de W1 para libros de códigos 2a y 2b para los rangos 1 y 2 en antenas de polarización cruzada (Xpol) con una separación de antena de $\frac{1}{2}\lambda$;

La Figura 2 representa estadísticas de W1 para libros de códigos 2a y 2b para los rangos 1 y 2 en antenas de polarización cruzada (Xpol) con una separación de antena de 4λ ;

La Figura 3 representa estadísticas de W2 para libros de códigos 2a y 2b para 2 antenas de polarización cruzada (Xpol) con una separación de antena de $0,5\lambda$;

50 La Figura 4 representa estadísticas de W2 para libros de códigos 2a y 2b para dos antenas de polarización cruzada (Xpol) con una separación de antena de 4λ ;

La Figura 5 representa estadísticas de W2 para libros de códigos 2a y 2b para 2 antenas de polarización cruzada (Xpol), (a) con una separación de antena de $0,5\lambda$ y (b) con una separación de antena de 4λ ;

La Figura 6 es un diagrama de bloques de un sistema MIMO.

Descripción detallada

2. Libros de códigos de 4-Tx mejorados

2.1 Libros de códigos de 4-Tx mejorados para rangos 1 y 2

5 En una suposición de trabajo consensuada, se seleccionan dos soluciones (soluciones 2a y 2b) en [1] para candidatos de libro de códigos de 4-Tx mejorados para los rangos 1 y 2, los cuales se describen como sigue:

Solución 2a:

$$W_1 = \begin{bmatrix} X_n & 0 \\ 0 & X_n \end{bmatrix} \text{ donde } n = 0, 1, \dots, 15$$

$$X_n = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ q_1^n & q_1^{n+8} & q_1^{n+16} & q_1^{n+24} \end{bmatrix} \text{ donde } q_1 = e^{j2\pi/32}$$

$$\text{Para rango 1, } W_{2,n} \in \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y \\ \alpha(i)Y \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y \\ j\alpha(i)Y \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y \\ -\alpha(i)Y \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y \\ -j\alpha(i)Y \end{bmatrix} \right\}$$

$$\text{e } Y \in \{e_1, e_2, e_3, e_4\} \text{ and } \alpha(i) = q_1^{2(i-1)};$$

$$\text{Para rango 2, } W_{2,n} \in \left\{ \frac{1}{2} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ Y_1 & -Y_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ jY_1 & -jY_2 \end{bmatrix} \right\}$$

$$\text{y } (Y_1, Y_2) = (e_i, e_k) \in \{(e_1, e_1), (e_2, e_2), (e_3, e_3), (e_4, e_4), (e_1, e_2), (e_2, e_3), (e_1, e_4), (e_2, e_4)\};$$

Solución 2b:

$$W_1 = \begin{bmatrix} X_n & 0 \\ 0 & X_n \end{bmatrix} \text{ donde } n = 0, 1, \dots, 15$$

$$X_n = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ q_1^n & q_1^{n+8} & q_1^{n+16} & q_1^{n+24} \end{bmatrix} \text{ donde } q_1 = e^{j2\pi/32}$$

$$\text{Para rango 1, } W_{2,n} \in \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y \\ \alpha(i)Y \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y \\ j\alpha(i)Y \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y \\ -\alpha(i)Y \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y \\ -j\alpha(i)Y \end{bmatrix} \right\}$$

$$\text{e } Y \in \{e_1, e_2, e_3, e_4\} \text{ and } \alpha(i) = q_1^{2(i-1)};$$

Para rango 2,

$$W_{2,n} \in \left\{ \frac{1}{2} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ Y_1 & Y_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ Y_1 & -Y_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ -Y_1 & Y_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ -Y_1 & -Y_2 \end{bmatrix} \right\} (Y_1, Y_2) \in \{(e_2, e_4)\}$$

y

$$W_{2,n} \in \left\{ \frac{1}{2} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ Y_1 & -Y_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ jY_1 & -jY_2 \end{bmatrix} \right\} (Y_1, Y_2) \in \{(e_1, e_1), (e_2, e_2), (e_3, e_3), (e_4, e_4)\}$$

y

$$W_{2,n} \in \left\{ \frac{1}{2} \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ Y_2 & -Y_1 \end{bmatrix} \right\} (Y_1, Y_2) \in \{(e_1, e_3), (e_2, e_4), (e_3, e_1), (e_4, e_2)\}$$

10 En ambos libros de códigos, e_i indica un vector de 4 por 1, siendo 1 la entrada $i^{\text{ésima}}$, y cero para todas las demás entradas. Se puede ver que la única diferencia entre los libros de códigos 2a y 2b son las entradas de W_2 de rango 2. Entre las 16 entradas de W_2 de rango 2, éstos comparten 9 entradas.

Siguiendo las mismas estructuras de índice de W_1W_2 para el libro de códigos de 8-Tx en 3 GPP TS36.213, se fijan

en primer lugar los índices para esos dos libros de códigos como sigue:

Para W1 con índice i_1 , se tiene:

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_{i_1} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}_{i_1} \end{bmatrix}, \quad i_1 = 0, 1, \dots, 15$$

donde

$$\mathbf{X}_{i_1} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ q_1^{i_1} & q_1^{i_1+8} & q_1^{i_1+16} & q_1^{i_1+24} \end{bmatrix}, \quad q_1 = e^{2\pi j/16}$$

Para rango 1 de W2, indicar k como índice para las 4 entradas de

$$\mathbf{W}_{2,n} \in \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ \alpha(i)\mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ j\alpha(i)\mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ -\alpha(i)\mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ -j\alpha(i)\mathbf{Y} \end{bmatrix} \right\}$$

e i como índice para la selección de columna e_i y el término de co-enfasamiento $\alpha(i)$ como en:

- 5 $\mathbf{Y} \in \{e_1, e_2, e_3, e_4\}$, $\alpha(i) = q_1^{2(i-1)}$
- Entonces se puede definir el índice de W2 como $i_2 = (i-1)*4+k-1$, $i=1, 2, 3, 4$, $k=1, 2, 3, 4$ para la matriz de precodificación de rango 1.

Para el rango 2 de W2 en la solución 2a, se designa k , $k=1, 2$, como el índice para las dos entradas en:

$$\mathbf{W}_{2,n} \in \left\{ \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \right\}$$

e i , $i=1, \dots, 8$, como índice para los pares de selección de columna como en

$$(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \{ (e_1, e_1), (e_2, e_2), (e_3, e_3), (e_4, e_4), (e_1, e_2), (e_2, e_3), (e_1, e_4), (e_2, e_4) \}$$

- 10 A continuación se define el índice de W2 de rango 2 como $i_2 = (i-1)*2+k-1$ para la solución 2a.

Se puede apreciar que W2 de rango 2 de $i_2=0, \dots, 7$ en la solución 2a aparece también en la solución 2b, adoptándose el mismo índice i_2 para esas 8 entradas para W2 de rango 2 en la solución 2b.

Entonces se define $i_2=8, \dots, 11$ para las siguientes 4 entradas en el orden listado:

$$\mathbf{W}_{2,n} \in \left\{ \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -\mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -\mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \right\}, (\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \{ (e_2, e_4) \}$$

e $i_2=12, \dots, 15$, para las 4 entradas siguientes en el orden relacionado

$$\mathbf{W}_{2,n} \in \left\{ \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_2 & -\mathbf{Y}_1 \end{bmatrix} \right\}, (\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \{ (e_1, e_3), (e_2, e_4), (e_3, e_1), (e_4, e_2) \}$$

- 15 Obsérvese que el W2 de rango 2 de $i_2 = 9$ en la solución 2b es el mismo que la entrada de $i_2 = 14$ en la solución 2a.

2.2 Libros de códigos de 4-Tx mejorados para los rangos 3 y 4

Para los rangos 3 y 4 en los nuevos libros de códigos, W1 es la matriz de identidad, y W2 usa el libro de códigos de la Edición 8 como en [2].

3. Retroalimentación de CSI en PUCCH basado en el nuevo libro de códigos de 4-Tx

Para el libro de códigos de 4-Tx de la Edición 8, existen 16 contraseñas de precodificación para cada rango, lo que requiere una sobrecarga de 4 bits para la retroalimentación de indicador de matriz de precodificación (PMI). Esto puede ser gestionado para retroalimentación de CSI periódica en PUCCH. Por lo tanto, no se necesita ningún submuestreo sobre el libro de códigos.

Sin embargo, cuando se adopta un doble libro de códigos y cada libro de códigos es de un tamaño de 4 bits, la sobrecarga de retroalimentación es demasiado grande si se envían las retroalimentaciones de CSI completas. Para reducir la sobrecarga de retroalimentación, se proponen los siguientes esquemas de submuestreo sobre el libro de códigos de 4-Tx mejorado para varios modos de retroalimentación.

Tabla 1. Componentes del haz de W1 en libro de códigos de 4-Tx mejorado

Índice de W1 i_1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Haces en W1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	24	25	26	27	28	29	30	31	0	1	2	3	4	5	6	7

3.1. Modo 1-1, submodo 1, de retroalimentación de CSI de PUCCH

En modo 1-1 de retroalimentación de CSI de PUCCH, los usuarios están configurados para que informen de una RI, de un indicador de calidad de canal de banda ancha (CQI, SINR o relación de señal-respecto-a-interferencia-más-ruido cuantificada), y un indicador de matriz de precodificación de banda ancha (PMI), a la red en un proceso de CSI. La retroalimentación de indicador de rango o indicación de rango (RI), CQI y PMI, puede ser configurada con diferente periodicidad. Con estructuras de doble libro de códigos, se retroalimentan dos índices correspondientes a W1 y W2. Puesto que W1 captura la condición de canal en un plazo relativamente largo y un ancho de banda grande, la retroalimentación del índice de W1 (primer PMI) puede estar configurada en un período más largo que el de W2. En el submodo 1 del modo 1-1 de retroalimentación de PUCCH, la retroalimentación de RI y de W1 está configurada con la misma periodicidad. Por tanto, se ha adoptado la codificación conjunta de información de RI y de W1. En 3GPP, Edición 10, se usan 5 bits para representar una entrada de RI y de W1 para libro de códigos de 8-Tx. Así, se requiere que el submuestreo como número total de entradas de RI y de W1 para 8-Tx sea mayor de 32.

Con el libro de códigos de 4-Tx mejorado, el número total de entradas para información de RI y de W1, es de 34 (16 para cada uno de los rangos 1 y 2, y 2 entradas para los rangos 3 y 4, suponiendo 4 bits para W1 consensuados para los libros de códigos de 4-Tx). Este submuestreo se requiere también para el libro de códigos de 4-Tx mejorado.

Ahora se proponen las siguientes soluciones para el submuestreo de entradas de RI y de W1 (primer PMI) para el modo 1-1, submodo 1, de PUCCH, para 4 puertos de antena en base a una nueva estructura de libro de códigos de 4-Tx:

I. Para las primeras 16 entradas, se seleccionan 8 entradas de W1 (submuestreadas a partir de 16 contraseñas de W1 como en la Sección 2.1), cada una de ellas para el rango 1 y para el rango 2, las cuales pueden estar representadas por 4 bits. Para los rangos 3 y 4, puesto que W1 está fijado a la identidad, solamente se necesitan dos entradas que representen el rango. Así, para 4 puertos de antena, se necesita un multiplexado espacial de 4 capas, en total 5 bits, para la retroalimentación de la RI y del primer PMI codificados conjuntamente. De ese modo, existen 14 entradas que no están en uso, las cuales pueden ser reservadas para un uso futuro. Si existe multiplexado espacial de 2 capas para 4 puertos de antena, por ejemplo la red indica una restricción de rango, es decir, rango ≤ 2 , solamente se necesita un tamaño de carga útil de 4 bits para la retroalimentación de RI y de PMI codificados conjuntamente.

II. Para reducir la retroalimentación y el número de entradas redundantes, no utilizadas, se pueden empaquetar todas las entradas con un tamaño total de carga útil de 4 bits para retroalimentación de PUCCH. Esto puede ser resuelto según las dos alternativas siguientes:

a. Para las primeras 8 entradas, se seleccionan 4 entradas de W1 (submuestreadas a partir de 16 contraseñas de

W1 como en la Sección 2.1), cada una de ellas para el rango 1 y el rango 2, las cuales pueden estar representadas por una carga útil de 3 bits. Para los rangos 3 y 4, se incluyen dos entradas adicionales que representan la información de rango, lo que hace el total de 4 bits. De ese modo, para 4 puertos de antena, se necesita multiplexado espacial de 4 capas, en total 4 bits, para la retroalimentación de la RI y del PMI codificados conjuntamente. De ese modo, existen 6 entradas que no están en uso, las cuales pueden ser reservadas para un uso futuro. Si existe un multiplexado espacial de 2 capas para 4 puertos de antena, por ejemplo la red indica una restricción de rango, es decir, rango ≤ 2 , solamente se necesita un tamaño de carga útil de 3 bits para la retroalimentación de la RI y del PMI codificados conjuntamente.

b. En esta alternativa, se usan 14 entradas para representar la RI y el primer PMI juntos para los rangos 1 y 2. Las entradas pueden ser equi-divididas, es decir, 7 para cada rango. Se pueden adoptar también cantidades diferentes puesto que las estadísticas del rango 1 y del rango 2 pueden ser diferentes. Para los rangos 3 y 4, se incluyen dos entradas adicionales que representan la información de rango, lo que hace un total de 4 bits. De ese modo, se necesita un total de 4 bits para la retroalimentación de la RI y del primer PMI codificados juntos, con o sin restricción de rango para la retroalimentación de CSI. En comparación con 2a, esto conlleva un cierto comportamiento mejor a medida que más contraseñas de W1 sean retenidas para los rangos 1 y 2. En comparación con la solución alternativa 1, solamente se espera una ligera degradación del rendimiento dado que solamente hay 1 contraseña menos de W1 en la solución 2b que en la 1, pero se ahorra una sobrecarga de retroalimentación de un bit.

En base a los esquemas de submuestreo alternativos que anteceden para el modo 1-1, submodo 1, de retroalimentación de CSI de PUCCH, la retroalimentación de la RI y del primer PMI codificados conjuntamente, se proporcionan ahora soluciones de diseño algo detalladas como sigue.

Tabla 1.1 Un submuestreo de diseño en base a la Alternativa I en modo 1-1, submodo 1, de PUCCH en base a libro de códigos de 4-Tx con estructura de doble libro de códigos (W1W2)

Valor de codificación conjunta de RI y del primer PMI $I_{RI/PMI1}$	RI	Índice de libro de códigos i_1
0-7	1	0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 o $2I_{RI/PMI1}$
8-15	2	0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 o $2(I_{RI/PMI1} - 8)$
16	3	NA
17	4	NA
18-31	reservado	NA

Un diseño de submuestreo basado en la Alt. I se proporciona en la Tabla 1.1. Ésta es una solución con especificación simple. Ahora se van a proporcionar también otros varios diseños que podrían tener una cierta mejora de rendimiento. En primer lugar, se recurre a simulaciones de nivel de sistema para obtener estadísticas de selecciones de W1 en libros de códigos 2a y 2b. Obsérvese que aunque los libros de códigos de W1 sean iguales en 2a y 2b, los libros de códigos de rango 2 son diferentes, lo que podría afectar a las estadísticas de W1 ligeramente. Los resultados de las estadísticas de W1 para antenas de Xpol con una separación de antena de $\frac{1}{2}\lambda$ y 4λ , han sido presentados en la Figura 1 y en la Figura 2, respectivamente.

Se puede apreciar que para rango 2, las contraseñas de W1 con índice $i_1=0, 1, \dots, 7$ son las más seleccionadas para ambos libros de códigos (la única excepción es para 2a, $i_1=15$ tiene también un alto porcentaje). Por motivos de simplicidad, se puede usar $i_1=0, 1, \dots, 7$ para rango 2. Para rango 1, esto es un poco complicado. Para el caso de antenas situadas a distancias próximas ($0,5\lambda$), $i_1=0, 6, 7, 13, 14, 15$, tienen relaciones de selección más altas que otras. Para el caso de antenas situadas con una separación amplia (4λ) según se muestra en la Figura 2, W1 con $i_1=0, 15$, tienen relaciones más altas que otras. Un criterio de diseño para submuestreo de W1 para rango 1, podría ser incluir $\{i_1=0, 7, 13, 15\}$ como un subconjunto para cualquier submuestreo de libros de códigos para este modo 1-1, submodo 1, de retroalimentación. Puesto que la misma columna (haz) en dos W1s consecutivos tiene una separación de haz pequeña, se puede por tanto adoptar, para el rango 1, igual submuestreo de intervalo i_1 , ya sea el conjunto $\{1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15\}$ o ya sea el conjunto $\{0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14\}$.

Según se muestra en la Tabla 1, dado que dos W1s con índice i_1 e i_1+8 consisten en los mismos componentes de haz, para el rango 2, existen muchos solapamientos en las contraseñas finales entre esos dos conjuntos de contraseñas de W1. De ese modo, una vía consiste en tomar $\{i_1\} = \{0, 1, \dots, 7\}$ como en el W1 submuestreado para el modo 1-1, submodo 1.

Para rango 1, gracias al término de co-enfasamiento, $\alpha(i)$, se elimina el problema de redundancia de contraseña debido a un solapamiento de haz completo entre W1. Esto podría ser beneficioso para tener los haces extendidos en todo el espacio angular con una separación de haz uniforme para las mismas selecciones de haz y de término de co-enfasamiento a partir de una entrada de W2. Por lo tanto, es mejor tener el submuestreo de W1 para el rango 1

como $\{i_1 | i_1=0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14\}$.

La solución de diseño para submuestreo de libro de códigos de 4-Tx para el modo 1-1, submodo 1, de PUCCH, se ha resumido por tanto en la Tabla 1.2 en la que se ha tomado $\{0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14\}$ para rango 1 en base a las discusiones anteriores.

5 **Tabla 1.2.** Un diseño de submuestreo de libro de códigos basado en la Alternativa 1 en modo 1-1, submodo 1, de PUCCH en base a libro de códigos de 4-Tx con estructura de doble libro de códigos (W1W2)

Valor de codificación conjunta de RI y del primer PMI $I_{RI/PMI1}$	RI	Índice de libro de códigos i_1
0-7	1	$\{0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14\} (2I_{RI/PMI1})$
8-15	2	$0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 (I_{RI/PMI1} - 8)$
16	3	NA
17	4	NA
18-31	reservado	NA

En base al esquema de submuestreo Alt-II-a, y a las estadísticas de W1 de la Figura 1 y de la Figura 2, se conforma una solución de diseño de submuestreo de libro de códigos mostrada en la Tabla 1.3. Puesto que para rango 2, según se ha mostrado en la Figura 1, los W1s con $i_1=0, 7$ son totalmente dominantes para antenas situadas cercanas en comparación con sus vecinas, entonces se mantienen y se seleccionan $\{0, 3, 5, 7\}$ como los resultados del submuestreo para rango 2. Para rango 1, elegimos entonces los W1s equiespaciados.

10

Tabla 1.3. Un ejemplo de diseño de submuestreo de libro de códigos basado en la Alternativa II-a en modo 1-1, submodo 1, de PUCCH en base a libro de códigos de 4-Tx con estructura de doble libro de códigos (W1W2)

Valor de codificación conjunta de RI y del primer PMI $I_{RI/PMI1}$	RI	Índice de libro de códigos i_1
0-3	1	$0, 4, 8, 12 (4I_{RI/PMI1})$
4-7	2	$0, 3, 5, 7$
8	3	NA
9	4	NA
10-15	reservado	NA

En base al esquema de submuestreo Alt-II-b, y a las estadísticas de W1 en la Figura 1 y en la Figura 2, se construye una solución de diseño de submuestreo de libro de códigos mostrada en la Tabla 1.4. Puesto que para Alt-II-b se tiene un total de 14 entradas para el conjunto de la RI y los primeros PMIs para los rangos 1 y 2, no se pueden tener los W1s equiespaciados. En base a las estadísticas mostradas en las Figuras 1 y 2, se proporciona una solución en la Tabla 1.4. En este caso se consideran 7 entradas para cada rango. Sin embargo, el número de entradas puede ser diferente en cuanto a importancia, o las estadísticas del rango 1 y del rango 2 pueden ser diferentes. Por ejemplo, para el emparejamiento de MU-MIMO, se ha mostrado que es mejor el emparejamiento de usuarios con transmisiones de rango 1. Por lo tanto, sería mejor disponer de más entradas (menos submuestreo) para el rango 1 y el rango 2.

15
20

Tabla 1.4. Un ejemplo de diseño de submuestreo de libro de códigos basado en la Alternativa II-a en modo 1-1, submodo 1, de PUCCH en base a libro de códigos de 4-Tx con estructura de doble libro de códigos (W1W2)

Valor de codificación conjunta de RI y del primer PMI $I_{RI/PMI1}$	RI	Índice de libro de códigos i_1
0-6	1	$0, 2, 4, 7, 10, 13, 15$
7-13	2	$0, 2, 4, 5, 6, 7, 15$
14	3	NA
15	4	NA

Si se adopta una de las alternativas propuestas, el tipo de informe (informe de tipo 5 [3]) será modificado para 4 puertos de antena cuando se configure el nuevo libro de códigos. El informe de tipo 5 modificado se proporciona en las tablas 2.1-2.3 para las alternativas I, II-a y II-b, respectivamente

5 **Tabla 2.1.** Tipo de informe modificado para acomodar la alternativa I de retroalimentación en modo 1-1, submodo 1, de PUCCH en base a libro de códigos de 4-Tx con estructura de doble libro de códigos (W1W2)

Tipo de informe de PUCCH	Información notificada	estado	Número de bits
5	RI / primer PMI	4/8 puertos de antena, multiplexado espacial de 2 capas	5
		4/8 puertos de antena, multiplexado espacial de 4 capas	5

Tabla 2.2. Tipo de informe definido para la alternativa II-a de retroalimentación en modo 1-1, submodo 1, de PUCCH en base a libro de códigos de 4-Tx con estructura de doble libro de códigos (W1W2)

Tipo de informe de PUCCH	Información notificada	estado	Número de bits
5	RI / primer PMI	4 puertos de antena, multiplexado espacial de 2 capas	3
		4 puertos de antena, multiplexado espacial de 4 capas	4
		8 puertos de antena, multiplexado espacial de 2 capas	4
		8 puertos de antena, multiplexado espacial de 4 capas	5

Tabla 2.3. Tipo de informe modificado para acomodar la alternativa II-b de retroalimentación en modo 1-1, submodo 1, de PUCCH en base a libro de códigos de 4-Tx con estructura de doble libro de códigos (W1W2)

Tipo de informe de PUCCH	Información notificada	estado	Número de bits
5	RI / primer PMI	8 puertos de antena, multiplexado espacial de 2 capas o 4 puertos de antena	4
		8 puertos de antena, multiplexado espacial de 4 capas	5

10 **3.2A Modo 1-1, submodo 2, de retroalimentación de CSI de PUCCH**

En el submodo 2 del modo 1-1 de retroalimentación de CSI de PUCCH, el usuario puede estar configurado para que informe del CQI y proporcione información completa del precodificador preferido (primer PMI para W1 y segundo PMI para W2). De ese modo, el número total de bits de retroalimentación podría ser de 12 bits (4 bits para CQI, 4 bits para W1 y 4 bits para W2) para retroalimentación de CSI de rango 1, 15 bits (7 dos CQIs + 4 bits para W1, 4 bits para W2) para retroalimentación de rango 2, u 11 bits (7 bits para dos CQIs, 4 bits para W2) para retroalimentación de rango 3 o de rango 4. Para PUCCH, normalmente el número máximo de bits para cada informe es de 11 bits. Por tanto, se necesita submuestreo de libro de códigos para retroalimentación de rangos 1 y 2 cuando se configura el modo 1-1, submodo 2, de retroalimentación de PUCCH, mientras que no hay necesidad de submuestreo de libro de códigos para los rangos 3 y 4.

20 Se proponen entonces las dos siguientes alternativas para submuestreo de libro de códigos de rangos 1/2 para libro de códigos de 4-Tx mejorado.

III. Para ambos rangos 1 y 2, se selecciona un total de 16 entradas para W1/W2 (el primer PMI y el segundo PMI). De ese modo, el número total de bits para PMI es 4 para ambos rangos 1 y 2.

25 IV. Para rango 2, se seleccionan 16 entradas para W1/W2. Pero para rango 1, dado que solamente se informa de un CQI que usa 4 bits, se puede realizar menos submuestreo para las contraseñas de rango 1 para mejorar el

rendimiento. A continuación se proporciona un ejemplo de diseño en el que se usa un total de 7 bits.

Ahora se va a discutir el diseño en base a las dos alternativas propuestas con anterioridad.

Para la alternativa III, cuando se asignan 4 bits para informar de W1/W2, se considera una partición de 3/1, es decir, se asignan 3 bits para W1 y 1 bit para W2.

- 5 Para submuestrear el libro de códigos interno (W1) se pueden submuestrear simplemente los centros de una manera uniforme. Obsérvese que el libro de códigos de banda ancha tiene los siguientes 16 centros: [0:15]/32.

Para obtener una versión submuestreada de 3 bits, se puede simplemente escoger las 8 contraseñas internas (W1) con índices {0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14} o según se discute en la sección 3.1A, considerar {0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14} para rango 1 y {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7} para rango 2.

- 10 Para submuestrear el libro de códigos externo (W2), se puede hacer cumplir un criterio en el caso del rango 2 de que al menos una contraseña externa en el libro de códigos submuestreado permita seleccionar haces ortogonales a partir de la contraseña interna. Usando este criterio, un ejemplo de libro de códigos 2a submuestreado externo de rango 2 de 2 bits consiste en usar (e₁,e₁) con las 2 opciones de co-enfasmiento y (e₂,e₄) con las 2 opciones de co-enfasmiento.

- 15 O en base al promedio de las relaciones de las selecciones de W2 para rango 2 a partir de los libros de códigos originales obtenido a través de simulaciones mostradas en las Figuras 3 y 4, se pueden seleccionar dos de {(e₁,e₁), (e₂,e₂), (e₃,e₃), (e₄,e₄)} con la primera opción de co-enfasmiento.

También en base a las relaciones medias de las selecciones de W2 para rango 1 a partir de los libros de códigos originales, obtenidas por medio de simulaciones mostradas en la Figura 5, se pueden seleccionar dos de {(e₁), (e₂), (e₃), (e₄)} con la primera opción de co-enfasmiento, por ejemplo {(e₁,e₁), (e₃,e₃)} con:

20

$$W_{2,n} \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y \\ \alpha(i)Y \end{bmatrix} \text{ con } Y \in \{e_1, e_3\}, \alpha(i) = q_1^{2(i-1)}.$$

Tabla 3.1A. Ejemplo de diseño de submuestreo de libro de códigos en base a Alternativa III en modo 1-1, submodo 2, de PUCCH en base a libro de códigos de 4-Tx con estructura de doble libro de códigos (W1W2)

RI	Relación entre el primer valor de PMI y el índice de libro de códigos i_1		Relación entre el segundo valor de PMI y el índice de libro de códigos i_2		Total #bits
	Valor del primer PMI I_{PMI1}	Índice de libro de códigos i_1	Valor del segundo PMI I_{PMI2}	Índice de libro de códigos i_2	
1	0-7	{0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14}	0-1	0, 8	4
2	0-7	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7}	0-1	0, 4	4
3	NA	NA	0-15	I_{PMI2} (sin submuestreo)	4
4	NA	NA	0-15	I_{PM2} (sin submuestreo)	4

Tabla 3.2A. Ejemplo de diseño de submuestreo de libro de códigos en base a Alternativa IV en modo 1-1, submodo 2, de PUCCH en base a libro de códigos de 4-Tx con estructura de doble libro de códigos (W1W2)

25

RI	Relación entre el primer valor de PMI y el índice de libro de códigos i_1		Relación entre el segundo valor de PMI y el índice de libro de códigos i_2		Total #bits
	Valor del primer PMI I_{PMI1}	Índice de libro de códigos i_1	Valor del segundo PMI I_{PMI2}	Índice de libro de códigos i_2	
1	0-15	0-15	0-7	0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14	7
2	0-7	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7}	0-1	0, 4	4
3	NA	NA	0-15	I_{PMI2} (sin submuestreo)	4
4	NA	NA	0-15	I_{PM2} (sin submuestreo)	4

Para la alternativa IV, para rango 1, el tamaño de carga útil total es 7 para W1W2. Por lo tanto, solamente se necesita el submuestreo de libros de códigos de W2 de rango 1. Ahora se va a considerar el submuestreo para el libro de códigos mejorado en el caso de rango 1. Puesto que los libros de códigos internos son idénticos y los libros de códigos externos de rango 1 son los mismos para los libros de códigos 2a y 2b, se puede considerar uno cualquiera de ellos en este procedimiento.

5

Se va a considerar el caso en que el tamaño de libro de códigos externo submuestreado sea 8 de modo que $Q=(de\ 8\ elegir\ 2)=28$. Para rango 1, tanto la distancia Cordal como la de Fubini-Study son mediciones de distancia equivalentes, y se ha encontrado que las 16 opciones que siguen tienen métricas casi óptimas:

Columnas 1 a 16

0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5
6	6	6	6	7	7	7	7	6	6	6	6	7	7	7	7
8	8	9	9	8	8	9	9	8	8	9	9	8	8	9	9
10	10	11	11	10	10	11	11	10	10	11	11	10	10	11	11
12	13	12	13	12	13	12	13	12	13	12	13	12	13	12	13
14	15	14	15	14	15	14	15	14	15	14	15	14	15	14	15

10

De nuevo, se puede hacer una selección descendente adicional comparando las relaciones medias de las selecciones de W2 a partir de los libros de códigos originales obtenidos por medio de simulaciones.

Se pueden usar otros criterios determinados (o pueden ser impuestos en la parte alta de los procedimientos anteriormente mencionados) para el submuestreo.

15

En base a lo que antecede y a los resultados de la simulación que se muestran en la Figura 5 para la relación media de selecciones de W2 de rango 1, se puede adoptar {0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14} para el submuestreo de libro de códigos para el modo 1-1, submodo 2, de PUCCH.

Si se adopta una de las alternativas propuestas, el tipo de informe (informe de tipo 2c [3]) deberá ser modificado para 4 puertos de antena cuando se configura el nuevo libro de códigos. El informe de tipo 2c modificado se proporciona en las Tablas 4.1A-4.2A para las alternativas III y IV, respectivamente.

20

Tabla 4.1A. Tipo de informe 2c modificado para acomodar la alternativa III de retroalimentación en modo 1-1, submodo 2, de PUCCH en base a libro de códigos de 4-Tx con estructura de doble libro de códigos (W1W2)

Tipo de informe de PUCCH	Información notificada	estado	Número de bits
2c	CQI de banda ancha / primer PMI / segundo PMI	4/8 puertos de antena $RI = 1$	8
		4/8 puertos de antena $1 < RI \leq 4$	11
		8 puertos de antena $4 < RI \leq 7$	9
		8 puertos de antena $RI = 8$	7

Tabla 4.2A. Tipo de informe 2c modificado para acomodar la alternativa IV de retroalimentación en modo 1-1, submodo 2, de PUCCH en base a libro de códigos de 4-Tx con estructura de doble libro de códigos (W1W2)

Tipo de informe de PUCCH	Información notificada	estado	Número de bits
2c	CQI de Banda ancha / primer PMI / segundo PMI	4/8 puertos de antena $RI = 1$	11
		4/8 puertos de antena $1 < RI \leq 4$	11
		8 puertos de antena $4 < RI \leq 7$	9
		8 puertos de antena $RI = 8$	7

25

3.2B Modo 1-1, submodo 2, de retroalimentación de CSI de PUCCH

En el submodo 2 del modo 1-1 de retroalimentación de CSI de PUCCH, el usuario puede estar configurado para que

informe del CQI y de la información completa de precodificador preferido (primer PMI para W1 y segundo PMI para W2). De ese modo, el número total de bits de retroalimentación podría ser de 12 bits (4 bits para CQI, 4 bits para W1 y 4 bits para W2) para retroalimentación de CSI de rango 1, 15 bits (7 bits para dos CQIs + 4 bits para W1, 4 bits para W2) para retroalimentación de rango 2, u 11 bits (7 bits para dos CQIs, 4 bits para W2) para retroalimentación de rango 3 o de rango 4. Para PUCCH, el número usualmente máximo de bits para cada informe es de 11 bits. Por lo tanto, se necesita submuestreo de libro de códigos para retroalimentación de rangos 1 y 2 cuando se configura el modo 1-1, submodo 2, de retroalimentación de PUCCH, mientras que no existe ninguna necesidad de submuestreo de libro de códigos para los rangos 3 y 4.

Por ello se proponen las dos alternativas siguientes para submuestreo de libro de códigos de rangos 1/2 para libro de códigos de 4-Tx mejorado.

III. Para ambos rango 1 y rango 2, se selecciona el total de 16 entradas para W1/W2 (el primer PMI y el segundo PMI). De ese modo, el número total de bits es 4 para ambos rangos 1 y 2.

IV. Para rango 2, se seleccionan 16 entradas para W1/W2. Pero para rango 1, puesto que solamente se informa de un CQI que usa 4 bits, se puede hacer un menor submuestreo para las contraseñas de rango 1, para mejorar el rendimiento. A continuación se proporcionan dos ejemplos de diseño que usan un total de 7 bits.

Ahora se va a discutir el diseño en base a dos alternativas propuestas.

Para la alternativa III, cuando se asignan 4 bits para informe de W1/W2, se considera en primer lugar una partición de 3/1, es decir, se asignan 3 bits para W1 y 1 bit para W2.

Para submuestrear el libro de códigos interno (W1) simplemente se submuestran los centros de una manera uniforme. Obsérvese que el libro de códigos de banda ancha tiene los 16 centros siguientes: [0:15]/32.

Para lograr una versión submuestreada de 3 bits, simplemente se eligen las 8 contraseñas internas (W1) con índices {0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14} o, según se ha discutido en la sección 3.1B, se puede considerar {0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14} para rango 1, y {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7} para rango 2.

Para submuestrear el libro de códigos externo (W2), se puede opcionalmente hacer valer un criterio en el caso del rango 2 de que al menos una contraseña externa en el libro de códigos submuestreado permite seleccionar haces ortogonales a partir de la contraseña interna. Usando este criterio, se forma un ejemplo de libro de códigos submuestreado externo de rango 2 de 1 bit mediante (e2, e4) con las 2 opciones de co-enfasamiento correspondientes a i_2 en {14, 15}. Esta elección de W2 puede ser usada con el W1 {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7} submuestreado, o más preferiblemente puede ser usada con índices de W1 {0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14} para un muestreo más equilibrado.

Alternativamente, en base a las relaciones medias de las selecciones de W2 para rango 2 a partir de libros de códigos originales obtenidos por medio de simulaciones mostradas en las Figuras 3 y 4, se pueden seleccionar dos de entre $\{(e_1, e_1), (e_2, e_2), (e_3, e_3), (e_4, e_4)\}$ con la primera opción de co-enfasamiento. Por ejemplo, se puede seleccionar $\{(e_1, e_1), (e_3, e_3)\}$ como submuestreo de W2. Entonces se puede seleccionar la primera entrada de co-enfasamiento para cada par de haces, es decir $i_2=0, 4$. Sin embargo, con esta selección, los haces seleccionados no guardan una separación de haz uniforme. Por lo tanto, si no se restringe el hecho de tener el mismo submuestreo para W1 como en el submodo 1, se puede aplicar el submuestreo de $i_1 \in \{0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14\}$ para W1. Entonces, con el submuestreo de $\{(e_1, e_1), (e_3, e_3)\}$, se tienen las selecciones de haz con una separación uniforme.

También para rango 1, a partir de los libros de códigos originales, se pueden elegir dos de entre $\{(e_1), (e_2), (e_3), (e_4)\}$ que seleccionan dos haces ortogonales. De ese modo, dos contraseñas de rango 1 con igual W1 serán ortogonales. Con ello, se puede elegir cualquier par de entre $\{(e_1), (e_3)\}$ o $\{(e_2), (e_4)\}$ con un término de co-enfasamiento fijo. Por ejemplo, con $\{(e_1), (e_3)\}$ se tiene:

$$W_{2,n} \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} Y \\ \alpha(i)Y \end{bmatrix} \text{ con } Y \in \{e_1, e_3\}, \alpha(i) = q_1^{2(i-1)}.$$

Para los términos de co-enfasamiento, se puede escoger simplemente la primera entrada de cada uno, es decir, $(\alpha(1), k=1)$ o $i_2=0$ para e_1 , $(\alpha(3), k=1)$ o $i_2=8$ para e_3 . Se puede apreciar que para $i_2=0$, el término de co-enfasamiento es 1. Entonces, ésa es justamente la selección de haz. Para $i_2=8$, el término de co-enfasamiento global es q_1^4 . Los resultados se han resumido en la Tabla 3.1B.

Tabla 3.1B. Un ejemplo de diseño de submuestreo de libro de códigos en base a la Alternativa III en modo 1-1, submodo 2, de PUCCH en base a libro de códigos de 4-Tx con estructura de doble libro de códigos (W1W2)

RI	Relación entre el primer valor de PMI y el índice de libro de códigos i_1		Relación entre el segundo valor de PMI y el índice de libro de códigos i_2		Total #bits
	Valor del primer PMI I_{PM1}	Índice de libro de códigos i_1	Valor del segundo PMI I_{PM2}	Índice de libro de códigos i_2	
1	0-7	{0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14}	0-1	0,8	4
2	0-7	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7} o {0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14}	0-1	0,4	4
3	NA	NA	0-15	I_{PM2} (sin submuestreo)	4
4	NA	NA	0-15	I_{PM2} (sin submuestreo)	4

Si se permite una partición de bits diferente para el rango 1, se puede tener una partición de 2/2 bits, es decir, asignar 2 bits para submuestreo de W1 y 2 bits para submuestreo de W2. Bajo esta opción, se puede seleccionar $i_1 \in \{0, 2, 4, 6\}$ para W1 y $\{(e_1), (e_2), (e_3), (e_4)\}$ para submuestreo de W2 con un determinado k o un conjunto de k. Con esta solución, se puede cubrir mejor el espacio de haz con una separación de haz uniforme, solamente con un término de co-enfasmiento cambiado para cada 4 contraseñas en vez de 8. Con k=1, se tienen términos de co-enfasmiento global dados por 1, q_1^2, q_1^4, q_1^6 para $i = 1, 2, 3, 4, 6$ (es decir, $\{(e_1), (e_2), (e_3), (e_4)\}$ respectivamente). El submuestreo resultante para W2 de rango 1, es $i_2 \in \{0, 4, 8, 12\}$. Esta solución de diseño de submuestreo ha sido resumida en la Tabla 3.2B.

Tabla 3.2B. Un ejemplo de diseño de submuestreo de libro de códigos en base a la Alternativa III en modo 1-1, submodo 2, de PUCCH en base a libro de códigos de 4-Tx con estructura de doble libro de códigos (W1W2)

RI	Relación entre el primer valor de PMI y el índice de libro de códigos i_1		Relación entre el segundo valor de PMI y el índice de libro de códigos i_2		Total #bits
	Valor del primer PMI I_{PM1}	Índice de libro de códigos i_1	Valor del segundo PMI I_{PM2}	Índice de libro de códigos i_2	
1	0-3	{0, 2, 4, 6}	0-3	{0, 4, 8, 12}	4
2	0-7	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7} o {0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14}	0-1	0, 4	4
3	NA	NA	0-15	I_{PM2} (sin submuestreo)	4
4	NA	NA	0-15	I_{PM2} (sin submuestreo)	4

Tabla 3.3B. Un ejemplo de diseño de submuestreo de libro de códigos en base a la Alternativa IV en modo 1-1, submodo 2, de PUCCH en base a libro de códigos de 4-Tx con estructura de doble libro de códigos (W1W2)

RI	Relación entre el primer valor de PMI y el índice de libro de códigos i_1		Relación entre el segundo valor de PMI y el índice de libro de códigos i_2		Total #bits
	Valor del primer PMI I_{PM1}	Índice de libro de códigos i_1	Valor del segundo PMI I_{PM2}	Índice de libro de códigos i_2	
1	0-15	0-15	0-7	0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14	7
2	0-7	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7} o {0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14}	0-1	0, 4	4
3	NA	NA	0-15	I_{PM2} (sin submuestreo)	4
4	NA	NA	0-15	I_{PM2} (sin submuestreo)	4

Para la alternativa IV, para rango 1, el tamaño de carga útil total es 7 para W1/W2. Se considera en primer lugar el submuestreo solamente de libro de códigos de W2 de rango 1, en el libro de códigos mejorado en el caso de rango 1.

Se considera el caso en que el tamaño de libro de códigos externo submuestreado es 8 (de modo que $Q = (\text{escoger } 2 \text{ de } 8) = 28$). Para rango 1, ambas distancias Cordal y de Fubini-Study son mediciones de distancia equivalentes y se ha encontrado que las 16 opciones que siguen tienen métricas casi óptimas:

Columnas 1 a 16

0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5
6	6	6	6	7	7	7	7	6	6	6	6	7	7	7	7
8	8	9	9	8	8	9	9	8	8	9	9	8	8	9	9
10	10	11	11	10	10	11	11	10	10	11	11	10	10	11	11
12	13	12	13	12	13	12	13	12	13	12	13	12	13	12	13
14	15	14	15	14	15	14	15	14	15	14	15	14	15	14	15

5 De nuevo, se puede hacer una selección descendente adicional por comparación con las relaciones medias de las selecciones de W2 a partir de los libros de códigos originales obtenidos a través de simulaciones.

Se pueden usar otros criterios determinados (o se pueden imponer en la parte alta de los procedimientos mencionados con anterioridad) para submuestreo.

10 En base a lo que antecede y a los resultados de simulación mostrados en la Figura 5 para la relación media de selecciones de W2 de rango 1, se puede adoptar {0 2 4 6 8 10 12 14} para submuestreo de libro de códigos para el modo 1-1, submodo 2, de PUCCH, según se ha resumido en la Tabla 3.3B.

15 Se aprecia también en el caso de rango 1 con una carga total de 7 bits, que se puede retener en cambio el libro de códigos de W2 de 4 bits y submuestrear por el contrario el libro de códigos de W1. En ese caso, se prefiere submuestrear de manera uniforme W1 como {0 2 4 6 8 10 12 14} para cubrir mejor el espacio angular de haz.

Si se adopta una de las alternativas propuestas, el tipo de informe (informe de tipo 2c [3]) será modificado para 4 puertos de antena cuando se configure el nuevo libro de códigos. El informe de tipo 2c modificado se proporciona en las Tablas 4.1B - 4.2B para las alternativas III y IV, respectivamente.

20 **Tabla 4.1B.** Tipo de informe 2c modificado para acomodar la alternativa III de retroalimentación en el modo 1-1, submodo 2, de PUCCH en base a libro de códigos de 4-Tx con estructura de doble libro de códigos (W1W2)

Tipo de informe de PUCCH	Información notificada	estado	Número de bits
2c	CQI de banda ancha / primer PMI / segundo PMI	4/8 puertos de antena $RI = 1$	8
		4/8 puertos de antena $1 < RI \leq 4$	11
		8 puertos de antena $4 < RI \leq 7$	9
		8 puertos de antena $RI = 8$	7

Tabla 4.2B. Tipo de informe 2c modificado para acomodar la alternativa IV de retroalimentación en el modo 1-1, submodo 2, de PUCCH en base a libro de códigos de 4-Tx con estructura de doble libro de códigos (W1W2)

Tipo de informe de PUCCH	Información notificada	estado	Número de bits
2c	CQI de banda ancha / primer PMI / segundo PMI	4/8 puertos de antena $1 \leq RI \leq 4$	11
		8 puertos de antena $4 < RI \leq 7$	9
		8 puertos de antena $RI = 8$	7

3.3A Modo 2.1 de retroalimentación de CSI de PUCCH

25 En el modo 2-1 de retroalimentación de CSI de PUCCH, el usuario puede ser configurado para que informe de la subbanda preferida con los correspondientes PMI y CQI preferidos. Para el informe de CQI/PMI de subbanda, se asignan L bits para que el usuario informe del índice de subbanda preferido. Cuando se configura una estructura de doble libro de códigos, el usuario necesita informar del CQI y del segundo PMI (para W2). Con L bits adicionales

para el informe de subbanda, se reduce el tamaño de la carga útil de retroalimentación para el CQI y el segundo PMI. Para libro de códigos de 8-Tx, se asignan 9 bits como máximo para el informe de CQI/segundo PMI de subbanda. Con la misma limitación de tamaño de carga útil, se propone el submuestreo de libro de códigos siguiente para diferentes rangos, lo que se ha resumido en la Tabla 5.1A.

5 Para rango 1, solamente se informa de un CQI. Por lo tanto, no se necesita submuestreo. El número total de bits podría ser 8.

Ahora se va a discutir en primer lugar el submuestreo de libro de códigos de los rangos 3 y 4. Obsérvese que para W2, se han adoptado libros de códigos de la Edición 8 para los rangos 3 y 4. Con un submuestreo de 2 bits, se necesita seleccionar 4 de las 16 contraseñas.

10 **Tabla 5.1A**

RI	Relación entre el segundo valor de PMI y el índice de libro de códigos i_2	
	Valor del segundo PMI I_{PMI2}	Índice de libro de códigos i_2
1	0-15	I_{PMI2} (sin submuestreo)
2	0-3	4 entradas según se discute en el texto
3	0-3	4 entradas según se discute en el texto
4	0-3	4 entradas según se discute en el texto

Rango 3: El submuestreo para seleccionar 4 de 16 contraseñas puede hacerse usando cualquiera de entre las mediciones de distancia Cordal o de distancia de Fubini-Study. Típicamente, la distancia Cordal es más adecuada para SNRs más bajas, mientras que la de Fubini-Study es buena en SNRs más grandes.

15 Para cualquier opción dada de 4 contraseñas (comprendiendo un libro de códigos submuestreado), se dispone de 6 pares. Para cada uno de esos pares (comprendiendo dos contraseñas de matriz semi-unitaria de 4x3) se puede calcular una distancia. La métrica para esa opción puede ser definida de modo que sea la mínima de las seis distancias. Finalmente, se puede seleccionar la opción preferida como aquella cuya métrica asociada sea la más grande (es decir, métrica máxima).

20 Pueden existir múltiples opciones cuyas métricas asociadas sean iguales a la máxima o bien estén dentro de un pequeño margen (es decir, el 2% o el 5%) de la máxima. Todas esas opciones son selecciones válidas y representan buenos candidatos.

25 En total existen 1820 opciones (de 16 se eligen 4). Se ha encontrado que existen 5 opciones cuyas métricas son iguales a la máxima tras usar la distancia Cordal como medición de distancia. Sorprendentemente, existen las mismas opciones cuyas métricas son de nuevo iguales a la máxima cuando se usa la distancia de Fubini-Study que medición de distancia. Estos índices son:

{0 2 8 10}, {0 9 10 11}, {1 2 3 8}, {1 3 9 11}, {12 13 14 15}.

En efecto, ningunas de las otras opciones tienen métricas que, en cualquier caso, estén dentro del 5% de la máxima. Por lo tanto, cada una de esas 5 opciones es una buena selección.

30 **Para rango 4:** cada contraseña es una matriz unitaria de 4x4 de modo que la distancia (ya sea la distancia Cordal o ya sea la de Fubini-Study) entre dos pares cualesquiera de contraseñas, es cero. De ese modo, una forma conveniente de submuestreo consiste en reutilizar los índices obtenidos para el caso de rango 3 en el libro de códigos legado de rango 4, para obtener un libro de códigos de rango 4 submuestreado.

Para rango 2, para libros de códigos mejorados, la situación es un bit más compleja puesto que existen múltiples contraseñas internas (de banda ancha).

35 Considérese el submuestreo para obtener un libro de códigos externo (W2) de tamaño 4 (2 bits) a partir del libro de códigos externo original de tamaño 16.

40 Para cada una de las 1820 opciones, se puede considerar cada una de las 16 contraseñas internas y determinar las Q distancias (donde Q es el número de pares en el libro de códigos externo submuestreado y es 6 en este ejemplo), y a continuación asociar la mínima entre las Q distancias con la contraseña interna para esa opción. Entonces, las 16 distancias asociadas (con las 16 contraseñas internas para esa opción) pueden ser combinadas de una manera adecuada en una métrica asociada a esa opción (una forma adecuada puede ser un producto de las distancias o su media geométrica con alguna regularización, etc.). Las una o más opciones cuyas métricas sean iguales a la máxima (o estén dentro de un margen de la máxima), pueden ser establecidas como candidatas adecuadas.

Tras la realización del procedimiento mencionado anteriormente para rango 2 (con tamaño 4 de libro de códigos

externo submuestreado de modo que $Q=6$) y el **libro de códigos 2a** mejorado, se han encontrado las siguientes 4 opciones (conjuntos de índices de los 1820 posibles) que tienen métricas (casi) máximas tanto bajo distancia Cordal como bajo distancia de Fubini-Study:

{6 8 11 14}, {6 9 10 15}, {7 8 11 14}, {7 9 10 15}

5 Las 8 opciones siguientes (de las 1820) tienen métricas máximas bajo distancia Cordal:

{2 6 14 15}, {2 7 14 15}, {3 6 14 15}, {3 7 14 15}, {6 8 14 15}, {6 9 14 15}, {7 8 14 15}, {7 9 14 15}

Las siguientes 164 opciones (de las 1820) tienen métricas (casi) máximas bajo distancia Cordal. Cada opción (que comprende 4 índices) es una columna de las siguientes:

Columnas 1 a 20

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	7	7	14	4	4	4	4	5	5	5
6	7	14	15	6	7	14	15	14	15	14	15	15	6	7	14	15	6	7	14

10

Columnas 21 a 40

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	7
5	6	6	7	7	14	6	6	7	7	14	6	6	7	7	14	10	11	14	10
15	14	15	14	15	15	14	15	14	15	15	14	15	14	15	15	15	14	15	15

Columnas 41 a 60

0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
11	14	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	7	7	14	4	4	4	4	5
14	15	6	7	14	15	6	7	14	15	14	15	14	15	15	6	7	14	15	6

15 **Columnas 61 a 80**

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	6
5	5	5	6	6	7	7	14	6	6	7	7	14	6	6	7	7	14	10	11
7	14	15	14	15	14	15	15	14	15	14	15	15	14	15	14	15	15	15	14

Columnas 81 a 100

1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6	7	7	7	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	6	7
14	10	11	14	6	6	7	7	12	13	14	6	6	7	7	12	13	14	14	14
15	15	14	15	14	15	14	15	15	14	15	14	15	14	15	15	14	15	15	15

Columnas 101 a 120

3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4
4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	6	7	6	6	6
6	6	7	7	12	13	14	6	6	7	7	12	13	14	14	14	8	8	9	9
14	15	14	15	15	14	15	14	15	14	15	15	14	15	15	15	14	15	14	15

20

Columnas 121 a 140

4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
6	7	7	7	7	7	8	8	8	9	9	9	6	6	6	6	6	7	7	7
14	8	8	9	9	14	12	13	14	12	13	14	8	8	9	9	14	8	8	9
15	14	15	14	15	15	15	14	15	15	14	15	14	15	14	15	15	14	15	14

Columnas 141 a 160

5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7
7	7	8	8	8	9	9	9	8	8	8	9	9	9	8	8	8	9	9	9
9	14	12	13	14	12	13	14	10	11	14	10	11	14	10	11	14	10	11	14
15	15	15	14	15	15	14	15	15	14	15	15	14	15	15	14	15	15	14	15

5 **Columnas 161 a 164**

8	8	9	9
10	11	10	11
12	13	12	13
15	14	15	14

A continuación, tras llevar a cabo el procedimiento mencionado con anterioridad para rango 2 y el libro de códigos 2b mejorado, se han encontrado las 54 opciones siguientes (de las 1820) que tienen métricas (casi) máximas tanto bajo distancia Cordal como bajo distancia de Fubini-Study:

10 **Columnas 1 a 20**

0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4	4	5	5	4	4	5	5	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7
8	13	8	13	8	13	8	13	8	8	8	9	9	10	12	8	8	8	9	9
11	15	11	15	11	15	11	15	9	10	11	10	11	11	14	9	10	11	10	11

Columnas 21 a 40

2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
7	7	8	8	8	9	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7
10	12	9	9	10	10	8	8	8	9	9	10	12	8	8	8	9	9	10	12
11	14	10	11	11	11	9	10	11	10	11	11	14	9	10	11	10	11	11	14

Columnas 41 a 54

3	3	3	3	6	6	6	6	7	7	7	7	8	9
8	8	8	9	8	8	8	9	8	8	8	9	9	10
9	9	10	10	9	9	10	10	9	9	10	10	10	13
10	11	11	11	10	11	11	11	10	11	11	11	11	15

15

Las siguientes 42 opciones (de las 1820) tienen métricas máximas bajo distancia Cordal:

Columnas 1 a 20

2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	9	9	9	10	6	6	6	6
9	9	9	10	10	13	9	9	9	10	10	13	10	10	13	13	9	9	9	10
10	13	15	13	15	15	10	13	15	13	15	15	13	15	15	15	10	13	15	13

Columnas 21 a 40

3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	6	6	6	7	7	7	7
6	6	7	7	7	7	7	7	9	9	9	10	9	9	9	10	9	9	9	10
10	13	9	9	9	10	10	13	10	10	13	13	10	10	13	13	10	10	13	13
15	15	10	13	15	13	15	15	13	15	15	15	13	15	15	15	13	15	15	15

Columnas 41 a 42

9	9
10	10
12	13
14	15

- 5 Una mayoría de las opciones (1462 de las 1820) tienen métricas casi máximas bajo distancia Cordal, lo que implica que conseguir una métrica casi-óptima bajo ambas distancias Cordal y de Fubini-Study es la mejor opción para el submuestreo en este caso.

Se puede hacer selección descendente adicional por comparación con las relaciones medias de selecciones de W2 a partir de los libros de códigos originales obtenidos a través de simulaciones.

- 10 Se observa que la distancia Cordal y la distancia de Fubini-Study son más adecuadas para canales no relacionados (tales como los que se observan con una amplia separación de antena).

Para antenas separadas más cercanamente, que dan como resultado canales más relacionados, se prefiere tener más entradas de libros de códigos externos para las que las dos columnas en la contraseña de rango 2 resultante comprenden selecciones de haz idénticas.

- 15 En base a la discusión anterior y a los resultados mostrados en las Figuras 3 y 4, se ha encontrado que {0, 2, 4, 8} podría ser una buena opción, para submuestreo de W2, indicando que para 2a y 2b se selecciona:

$$W_{2,n} \in \left\{ \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ Y_1 & -Y_2 \end{bmatrix} \right\} \text{ with } (Y_1, Y_2) \in \{(e_1, e_1), (e_2, e_2), (e_3, e_3), (e_4, e_4)\}$$

Por lo tanto, los ejemplos de soluciones de submuestreo para diferentes rangos (cada una de ellas para un rango) para el modo 2-1 de retroalimentación de PUCCH, se presentan en la Tabla 5.2A.

20 **Tabla 5.2A.** Submuestreo de libro de códigos en modo 2-1 de PUCCH para libro de códigos de 4-Tx

RI	Relación entre el segundo valor de PMI y el índice de libro de códigos i_2	
	Valor del segundo PMI I_{PMI2}	Índice de libro de códigos i_2
1	0-15	I_{PMI2} (sin submuestreo)
2	0-3	{0 2 4 6}
3	0-3	{0 2 8 10}
4	0-3	{0 2 8 10}

3.3B Modo 2-1 de retroalimentación de CSI de PUCCH

- 25 En el modo 2-1 de retroalimentación de CSI de PUCCH, el usuario puede estar configurado para informar de la subbanda preferida con los correspondientes PMI y CQI preferidos. Para el informe de CQI/PMI de subbanda, se asignan L bits para que el usuario informe del índice de la subbanda preferida. Cuando se configura una estructura de doble libro de códigos, el usuario necesita informar del CQI y del segundo PMI (para W2). Con L bits adicionales para el informe de subbanda, el tamaño de la carga útil de retroalimentación para el CQI y el segundo PMI se reduce. Para un libro de códigos de 8-Tx, se asigna un máximo de 9 bits para informe de CQI/segundo PMI de subbanda. Con la misma restricción del tamaño de carga útil, se propone el siguiente submuestreo de libro de códigos para diferentes rangos, que se ha resumido en la Tabla 5.1B:

- 30 Para rango 1, solamente se informa de un CQI. De ese modo, no se necesita submuestreo. El número total de bits podría ser 8.

Ahora se va a discutir en primer lugar el submuestreo de libro de códigos de los rangos 3 y 4. Obsérvese que para rango W2, se han adoptado libros de códigos de la Edición 8 para los rangos 3 y 4. Con submuestreo de 2 bits, se necesita seleccionar 4 de las 16 contraseñas.

Tabla 5.1B

RI	Relación entre el segundo valor de PMI y el índice de libro de códigos i_2	
	Valor del segundo PMI I_{PMI2}	Índice de libro de códigos i_2
1	0-15	I_{PMI2} (sin submuestreo)
2	0-3	4 entradas según se discute en el texto
3	0-3	4 entradas según se discute en el texto
4	0-3	4 entradas según se discute en el texto

5 **Rango 3:** El submuestreo para seleccionar 4 de las 16 contraseñas puede hacerse usando cualquiera de entre medición de distancia Cordal o medición de distancia de Fubini-Study. Típicamente, la distancia Cordal es más adecuada para SNRs más bajas mientras que la de Fubini-Study es buena en SNRs más grandes.

10 Para cualquier elección dada de 4 contraseñas (comprendiendo un libro de códigos submuestreado), se dispone de 6 pares. Por cada uno de esos pares (que comprenden dos contraseñas de matriz semiunitaria de 4x3), se puede calcular una distancia. La métrica para esa opción puede ser definida de modo que sea la mínima de las seis distancias. Finalmente, se puede seleccionar la opción preferida como aquella cuya métrica asociada sea la más grande (es decir, métrica máxima).

15 Pueden existir múltiples opciones cuyas métricas asociadas sean, o bien iguales a la máxima o bien estén dentro de un pequeño margen (es decir, un 2% o un 5%) de la máxima. Todas esas opciones son selecciones válidas y constituyen buenas candidatas.

En total existen 1820 opciones (de 16 se escogen 4). Se ha encontrado que existen 5 opciones cuyas métricas son iguales a la máxima con el uso de la distancia Cordal como medición de distancia. Sorprendentemente, éstas son las mismas opciones cuyas métricas son de nuevo iguales a la máxima cuando se usa la distancia de Fubini-Study como medición de distancia. Los índices son:

20 {0 2 8 10}, {0 9 10 11}, {1 2 3 8}, {1 3 9 11}, {12 13 14 15}.

En efecto, no hay otras opciones que tengan métricas que estén en cualquier caso dentro del 5% de la máxima. Por lo tanto, una cualquiera de esas 5 opciones es una buena selección.

25 **Para rango 4:** cada contraseña es una matriz unitaria de 4x4 de modo que la distancia (ya sea la distancia Cordal o ya sea la de Fubini-Study) entre dos pares cualesquiera de contraseñas, es cero. Por lo tanto, una forma conveniente para el submuestreo consiste en reutilizar los índices obtenidos para el caso de rango 3 en el libro de códigos legado de rango 4, para obtener un libro de códigos de rango 4 submuestreado.

Para rango 2, para los libros de códigos mejorados, la situación es un bit más compleja debido a que existen múltiples contraseñas internas (banda ancha).

30 Considérese el submuestreo para obtener un libro de códigos externo (W2) de tamaño 4 (2 bits) a partir del libro de códigos externo original de tamaño 16.

35 Para cada una de las 1820 opciones, se puede considerar cada una de las 16 contraseñas internas y determinar las Q distancias (donde Q es el número de pares en el libro de códigos externo submuestreado y es 6 en el presente ejemplo), y a continuación asociar la mínima de entre las Q distancias a esa contraseña interna para esa opción. A continuación, las 16 distancias asociadas (con las 16 contraseñas internas para esa opción) pueden ser combinadas de una manera adecuada en una métrica asociada a esa opción (una forma adecuada puede ser el producto de las distancias o su media geométrica con alguna regularización, etc.). Las una o más opciones cuyas métricas son iguales a la máxima (o están dentro de un margen de la máxima) pueden ser determinadas como que son candidatas adecuadas.

40 Tras la ejecución del procedimiento mencionado con anterioridad para rango 2 (con tamaño 4 de libro de códigos externo submuestreado de modo que Q=6) y el **libro de códigos 2a** mejorado, se ha encontrado que las siguientes 4 opciones (conjuntos de índices de los 1820 posibles) tienen métricas (casi) máximas tanto bajo distancia Cordal como bajo la distancia de Fubini-Study:

{6 8 11 14}, {6 9 10 15}, {7 8 11 14}, {7 9 10 15}.

Las siguientes 8 opciones (de entre las 1820) tienen métricas máximas bajo distancia Cordal:

ES 2 568 073 T3

{2 6 14 15}, {2 7 14 15}, {3 6 14 15}, {3 7 14 15}, {6 8 14 15}, {6 9 14 15}, {7 8 14 15}, {7 9 14 15}.

Las siguientes 164 opciones (de entre las 1820) tienen métricas (casi) máximas bajo distancia Cordal. Cada opción (que comprende 4 índices) es una columna en lo que sigue:

Columnas 1 a 20

5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	7	7	14	4	4	4	4	5	5
	6	7	14	15	6	7	14	15	14	15	14	15	15	6	7	14	15	6	7

Columnas 21 a 40

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	7
5	6	6	7	7	14	6	6	7	7	14	6	6	7	7	14	10	11	14	10
15	14	15	14	15	15	14	15	14	15	15	14	15	14	15	15	15	14	15	15

Columnas 41 a 60

10	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	7	7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	11	14	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	7	7	14	4	4	4	5
	14	15	6	7	14	15	6	7	14	15	14	15	14	15	15	6	7	14	15

Columnas 61 a 80

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	6
5	5	5	6	6	7	7	14	6	6	7	7	14	6	6	7	7	14	10	11
7	14	15	14	15	14	15	15	14	15	14	15	15	14	15	14	15	15	15	14

Columnas 81 a 100

1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6	7	7	7	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	6	7
14	10	11	14	6	6	7	7	12	13	14	6	6	7	7	12	13	14	14	14
15	15	14	15	14	15	14	15	15	14	15	14	15	14	15	14	15	15	14	15

Columnas 101 a 120

3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4
4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	6	7	6	6	6	6
6	6	7	7	12	13	14	6	6	7	7	12	13	14	14	14	8	8	9	9
14	15	14	15	15	14	15	14	15	14	15	15	14	15	15	15	14	15	14	15

Columnas 121 a 140

4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
6	7	7	7	7	7	8	8	8	9	9	9	6	6	6	6	6	7	7	7
14	8	8	9	9	14	12	13	14	12	13	14	8	8	9	9	14	8	8	9
15	14	15	14	15	15	15	14	15	15	14	15	14	15	14	15	15	14	15	14

Columnas 141 a 160

5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7
7	7	8	8	8	9	9	9	8	8	8	9	9	9	8	8	8	9	9	9
9	14	12	13	14	12	13	14	10	11	14	10	11	14	10	11	14	10	11	14
15	15	15	14	15	15	14	15	15	14	15	15	14	15	15	14	15	15	14	15

Columnas 161 a 164

8	8	9	9
10	11	10	11
12	13	12	13
15	14	15	14

- 5 Dos de las opciones mencionadas con anterioridad {2, 6, 14, 15} y {3, 7, 14, 15} son particularmente interesantes puesto que las mismas permiten selección de haz ortogonal $(Y_1, Y_2) \in \{(e_2, e_4)\}$ con ambos términos de co-

$$W_{2,n} \in \left\{ \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ Y_1 & -Y_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ jY_1 & -jY_2 \end{bmatrix} \right\}$$

enfesamiento, Estos corresponden a los índices {14, 15} de i_2 . En adición, se permiten selecciones de haz $(Y_1, Y_2) \in \{(e_2, e_2), (e_4, e_4)\}$ con uno de los dos términos de co-

$$W_{2,n} \in \left\{ \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ Y_1 & -Y_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ jY_1 & -jY_2 \end{bmatrix} \right\}$$

enfesamiento, {2, 6} o {3, 7} correspondientes a i_2 .

- 10 Se puede hacer selección descendente adicional por comparación con las relaciones medias de las selecciones de W2 a partir de los libros de códigos originales obtenidos a través de simulaciones.

Se aprecia que la distancia Cordal y la distancia de Fubini-Study son más adecuadas para canales no relacionados (tal como los observados con separación de antena amplia).

- 15 Para antenas separadas más en proximidad que dan como resultado canales más correlacionados, se prefiere tener más entradas de libro de código externo para las que las dos columnas en la contraseña de rango 2 resultante comprendan selecciones de haz idénticas.

En base a la discusión anterior y a los resultados mostrados en las Figuras 3 y 4, se ha encontrado que {0, 2, 4, 6} podría ser una buena opción, para submuestreo de W2, indicativa de que se ha seleccionado:

$$W_{2,n} \in \left\{ \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ Y_1 & -Y_2 \end{bmatrix} \right\} \text{ con } (Y_1, Y_2) \in \{(e_1, e_1), (e_2, e_2), (e_3, e_3), (e_4, e_4)\}$$

- 20 Sin embargo, debido al problema de que diferentes W1 tienen el mismo grupo de haz, con las selecciones de haz indicadas con anterioridad no se puede evitar la redundancia de contraseña. Una solución alternativa consiste en elegir solamente selecciones de haz $(Y_1, Y_2) \in \{(e_1, e_1), (e_3, e_3)\}$ con ambos términos de co-enfesamiento,

$$W_{2,n} \in \left\{ \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ Y_1 & -Y_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ jY_1 & -jY_2 \end{bmatrix} \right\}$$

, los cuales corresponden al índice $i_2 \in \{0, 1, 4, 5\}$ de W2. Este esquema de selección de haz puede además cubrir la totalidad de los 32 haces, pero evitan la redundancia de contraseña. Adicionalmente, será beneficioso disponer de un término más de co-enfesamiento. Una selección análoga es $(Y_1, Y_2) \in \{(e_2, e_2), (e_4, e_4)\}$ con ambos términos de co-enfesamiento,

- 25

$$W_{2,n} \in \left\{ \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ Y_1 & -Y_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 \\ jY_1 & -jY_2 \end{bmatrix} \right\}$$

, los cuales corresponden al índice $i_2 \in \{2, 3, 6, 7\}$ de W2.

De ese modo, los ejemplos de soluciones de submuestreo para rangos diferentes para el modo 2-1 de retroalimentación de PUCCH, han sido presentados en la Tabla 5.2B.

Tabla 5.2B. Submuestreo de libro de códigos de modo 2-1 de PUCCH para libro de códigos de 4-Tx

RI	Relación entre el segundo valor de PMI y el índice de libro de códigos i_2	
	Valor del segundo PMI I_{PMI2}	Índice de libro de códigos i_2
1	0-15	I_{PMI2} (sin submuestreo)
2	0-3	{0 2 4 6} o {0 1 4 5} o {2 3 6 7} o {2 6 14 15} o {3 7 14 15}
3	0-3	{0 2 8 10}
4	0-3	{0 2 8 10}

5 Haciendo ahora referencia a la Figura 6, se ha ilustrado un sistema 100 de múltiple entrada múltiple salida (MIMO) en el que se pueden implementar las realizaciones. En el enlace descendente del sistema 100, uno o más equipos de usuario (UEs) 102 de la célula 106 están servidos por la estación de base (BS) 104. Cada uno de los equipos de usuario 102 incluye, por ejemplo, un transmisor, y la estación de base 104 incluye, por ejemplo, un receptor.

4. Conclusión

10 Se proponen varios esquemas para retroalimentación de CSI periódica de PUCCH en base a un libro de códigos de 4-Tx mejorado con estructura de doble libro de códigos W1W2.

Apéndice

Los parámetros de simulación de nivel del sistema se han resumido en la Tabla A-1.

Tabla A-1. Parámetros de simulación

Número de usuarios por sector	10
Sincronización de red	Sincronizado
Configuración de antena (eNB)	Ant. de polarización cruzada/ULA de 4 TX, separación de $0,5\lambda/4\lambda$
Configuración de antena (usuario)	Ant. de polarización cruzada/ULA de 2 RX
Esquema de transmisión de enlace descendente	Programación SU-MIMO o SU/MU-MIMO Dinámica Emparejamiento MU-MIMO: Máx 2 usuarios /RB
Libro de códigos	Libro de códigos de Edic. 8/Libros de códigos mejorados
Programador de enlace descendente	PF en tiempo y frecuencia
Granularidad de programación:	5 RBs
Supuestos de retroalimentación	Periodicidad de 5 ms y retardo de 5 ms; modo de retroalimentación 3-2 retroalimentación sin errores
Granularidad de sub-banda:	5 RBs
Esquema HARQ de enlace descendente	Buscar combinación
Tipo de receptor de enlace descendente	LMMSE-IRC
Error de estimación de interferencia	Modelo de distribución de Wishart como en 3GPP.TR36.829
Error de canal de retroalimentación	NA
Canal de control y referencia	3 símbolos de OFDM para control
Sobrecarga de señal	Tablas TBS usadas en TS 36.213
Modelo TAE (si se estima)	Distribución normal $\mathcal{N}(0, \sigma^2)$, $\sigma = 12$ ns

Lo que antecede debe ser entendido en cada uno de sus aspectos como ilustrativo y ejemplar, pero no como

5 limitativo, y el alcance de la invención divulgada en la presente memoria no debe ser determinado a partir de la Descripción Detallada, sino más bien a partir de las reivindicaciones. Debe entenderse que las realizaciones mostradas y descritas en la presente memoria son sólo ilustrativas de los principios de la presente invención, y que los expertos en la materia pueden implementar diversas modificaciones sin apartarse del alcance de la invención según se define mediante las reivindicaciones. Los expertos en la materia podrán implementar otras diversas combinaciones de características sin apartarse del alcance de la invención, según se define mediante las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un método implementado en una estación de base usada en un sistema de comunicaciones inalámbricas, comprendiendo el método:
- 5 recibir, desde un equipo de usuario, una indicación de rango, RI, un primer indicador de de matriz de precodificación, PMI, y un segundo PMI, estando la RI y el primer PMI codificados conjuntamente,
- en donde se usan 5 bits para la transmisión de la RI y el primer PMI codificados conjuntamente, y
- en donde los primeros 8 valores de los valores expresados por los 5 bits se usan para RI=1,
- los segundos 8 valores de los valores expresados por los 5 bits se usan para RI=2,
- un tercer valor de los valores expresados por los 5 bits se usa para RI=3,
- 10 un cuarto valor de los valores expresados por los 5 bits se usa para RI=4, y
- los 14 valores restantes de los valores expresados por los 5 bits se reservan.
- 2.- Un método implementado en un equipo de usuario usado en un sistema de comunicaciones inalámbricas, comprendiendo el método:
- 15 transmitir, hasta una estación de base, una indicación de rango, RI, un primer indicador de matriz de precodificación, PMI, y un segundo PMI, estando la RI y el primer PMI codificados conjuntamente,
- en donde se usan 5 bits para la transmisión de la RI y el primer PMI codificados conjuntamente, y
- en donde los primeros 8 valores de los valores expresados por los 5 bits se usan para RI=1,
- los segundos 8 valores de los valores expresados por los 5 bits se usan para RI=2,
- un tercer valor de los valores expresados por los 5 bits se usa para RI=3,
- 20 un cuarto valor de los valores expresados por los 5 bits se usa para RI=4, y
- los 14 valores restantes de los valores expresados por los 5 bits se reservan.
- 3.- El método según la reivindicación 1 ó 2, en donde se informa del primer PMI con un período más largo que el del segundo PMI.
- 4.- El método según la reivindicación 1 ó 2, en donde se informa del primer PMI durante un período más largo o un ancho de banda más grande que los del segundo PMI.
- 25 5.- El método según la reivindicación 1 ó 2, en donde la RI y el primer PMI codificados conjuntamente son para el modo 1-1, submodo 1, de canal físico de control de enlace ascendente, PUCCH, con 4 puertos de antena en LTE, Evolución a Largo Plazo.
- 6.- El método según la reivindicación 1 ó 2, en donde se usan 4 bits para transmitir la RI y el primer PMI codificados conjuntamente para 4 puertos de antena, con multiplexado espacial de 2 capas.
- 30 7.- El método según la reivindicación 1 ó 2, en el que se usan 4 bits para transmitir la RI y el primer PMI codificados conjuntamente en caso de restricción de rango en la que rango de transmisión ≤ 2 .
- 8.- Una estación de base para un sistema de comunicaciones inalámbricas, comprendiendo la estación de base:
- un receptor para recibir, desde un equipo de usuario, una indicación de rango, RI, un primer indicador de matriz de precodificación, PMI, y un segundo PMI, estando la RI y el primer PMI codificados conjuntamente,
- 35 en donde se usan 5 bits para la transmisión de la RI y el primer PMI codificados conjuntamente, y
- en donde los primeros 8 valores de los valores expresados por los 5 bits se usan para RI=1,
- los segundos 8 valores de los valores expresados por los 5 bits se usan para RI=2,
- un tercer valor de los valores expresados por los 5 bits se usa para RI=3,
- 40 un cuarto valor de los valores expresados por los 5 bits se usa para RI=4, y
- los 14 valores restantes de los valores expresados por los 5 bits se reservan.

- 9.- Un equipo de usuario para un sistema de comunicaciones inalámbricas, comprendiendo el equipo de usuario:
un transmisor para transmitir, hasta una estación de base, una indicación de rango, RI, un primer indicador de matriz de precodificación, PMI, y un segundo PMI, estando la RI y el primer PMI codificados conjuntamente,
en donde se usan 5 bits para la transmisión de la RI y el primer PMI codificados conjuntamente, y
5 en donde los primeros 8 valores de los valores expresados por los 5 bits se usan para RI=1,
los segundos 8 valores de los valores expresados por los 5 bits se usan para RI=2,
un tercer valor de los valores expresados por los 5 bits se usa para RI=3,
un cuarto valor de los valores expresados por los 5 bits se usa para RI=4, y
los 14 valores restantes de los valores expresados por los 5 bits se reservan.
- 10 10.- El equipo de usuario según la reivindicación 9, en donde el primer PMI se transmite en un período más largo que la transmisión del segundo PMI.
- 11.- El equipo de usuario según la reivindicación 9, en donde se informa del primer PMI durante un período más largo o un ancho de banda más grande que los del segundo PMI.
- 15 12.- El equipo de usuario según la reivindicación 9, en donde la RI y el primer PMI codificados conjuntamente son para el modo 1-1, submodo 1, de canal físico de control de enlace ascendente, PUCCH, con 4 puertos de antena en LTE, Evolución a Largo Plazo.
- 13.- El equipo de usuario según la reivindicación 9, en donde se usan 4 bits para transmitir la RI y el primer PMI codificados conjuntamente para 4 puertos de antena, con multiplexado espacial de 2 capas.
- 20 14.- El equipo de usuario según la reivindicación 9, en donde se usan 4 bits para transmitir la RI y el primer PMI codificados conjuntamente en caso de restricción de rango en la que rango de transmisión ≤ 2 .
- 15.- Un método implementado en un sistema de comunicaciones inalámbricas, comprendiendo el método:
transmitir, desde un equipo de usuario hasta una estación de base, una indicación de rango, RI, un primer indicador de matriz de precodificación, PMI, y un segundo PMI, estando la RI y el primer PMI codificados conjuntamente,
en donde se usan 5 bits para la transmisión de la RI y el primer PMI codificados conjuntamente, y
25 en donde los primeros 8 valores de los valores expresados por los 5 bits se usan para RI=1,
los segundos 8 valores de los valores expresados por los 5 bits se usan para RI=2,
un tercer valor de los valores expresados por los 5 bits se usa para RI=3,
un cuarto valor de los valores expresados por los 5 bits se usa para RI=4, y
los 14 valores restantes de los valores expresados por los 5 bits se reservan.
- 30 16.- Un sistema de comunicaciones inalámbricas que comprende:
una estación de base, y
un equipo de usuario para transmitir, hasta la estación de base, una indicación de rango, RI, un primer indicador de matriz de precodificación, PMI, y un segundo PMI, estando la RI y el primer PMI codificados conjuntamente,
en donde se usan 5 bits para la transmisión de la RI y el PMI codificados conjuntamente, y
35 en donde los primeros 8 valores de los valores expresados por los 5 bits se usan para RI=1,
los segundos 8 valores de los valores expresados por los 5 bits se usan para RI=2,
un tercer valor de los valores expresados por los 5 bits se usa para RI=3,
un cuarto valor de los valores expresados por los 5 bits se usa para RI=4, y
los 14 valores restantes de los valores expresados por los 5 bits se reservan.

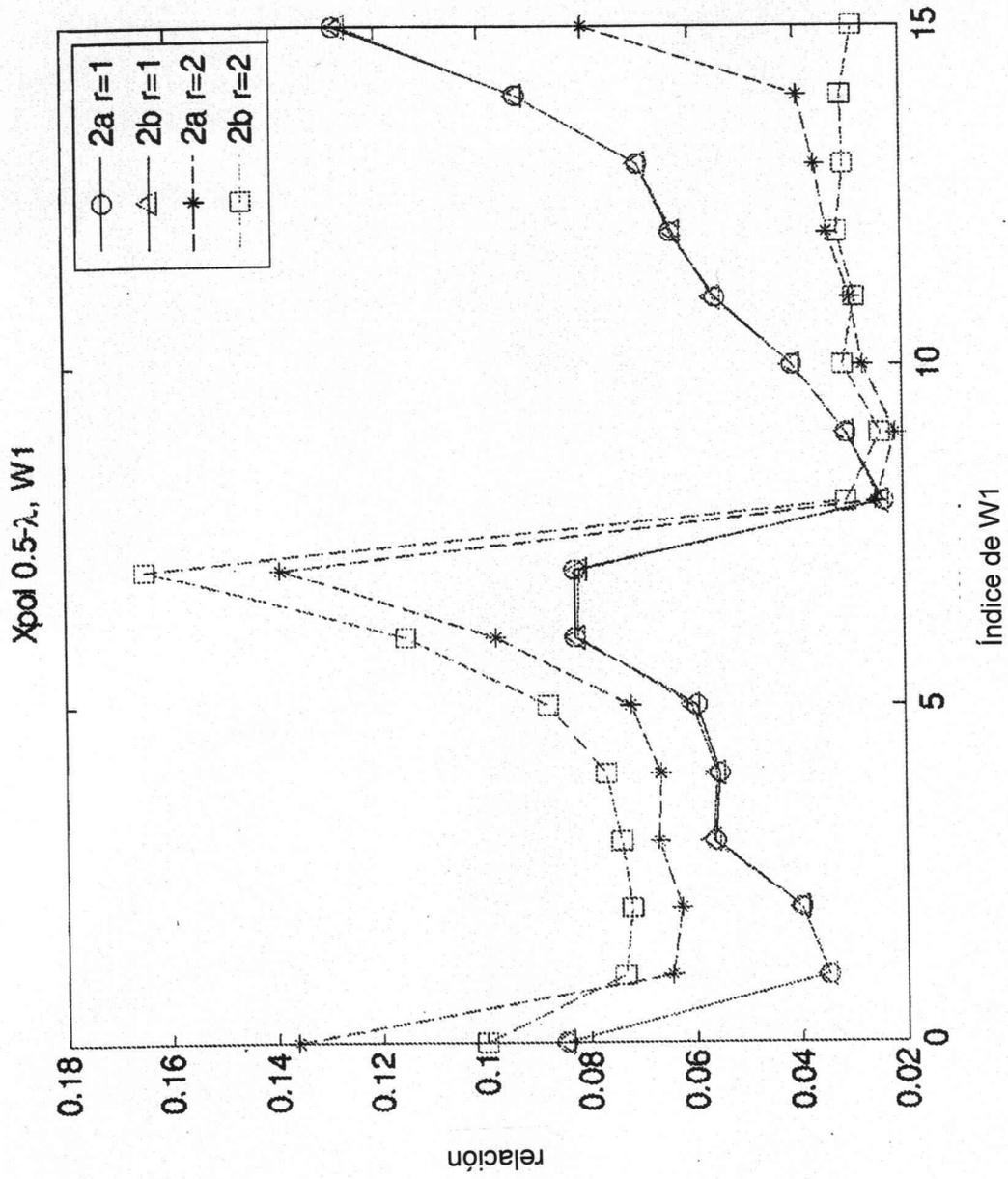


FIG. 1

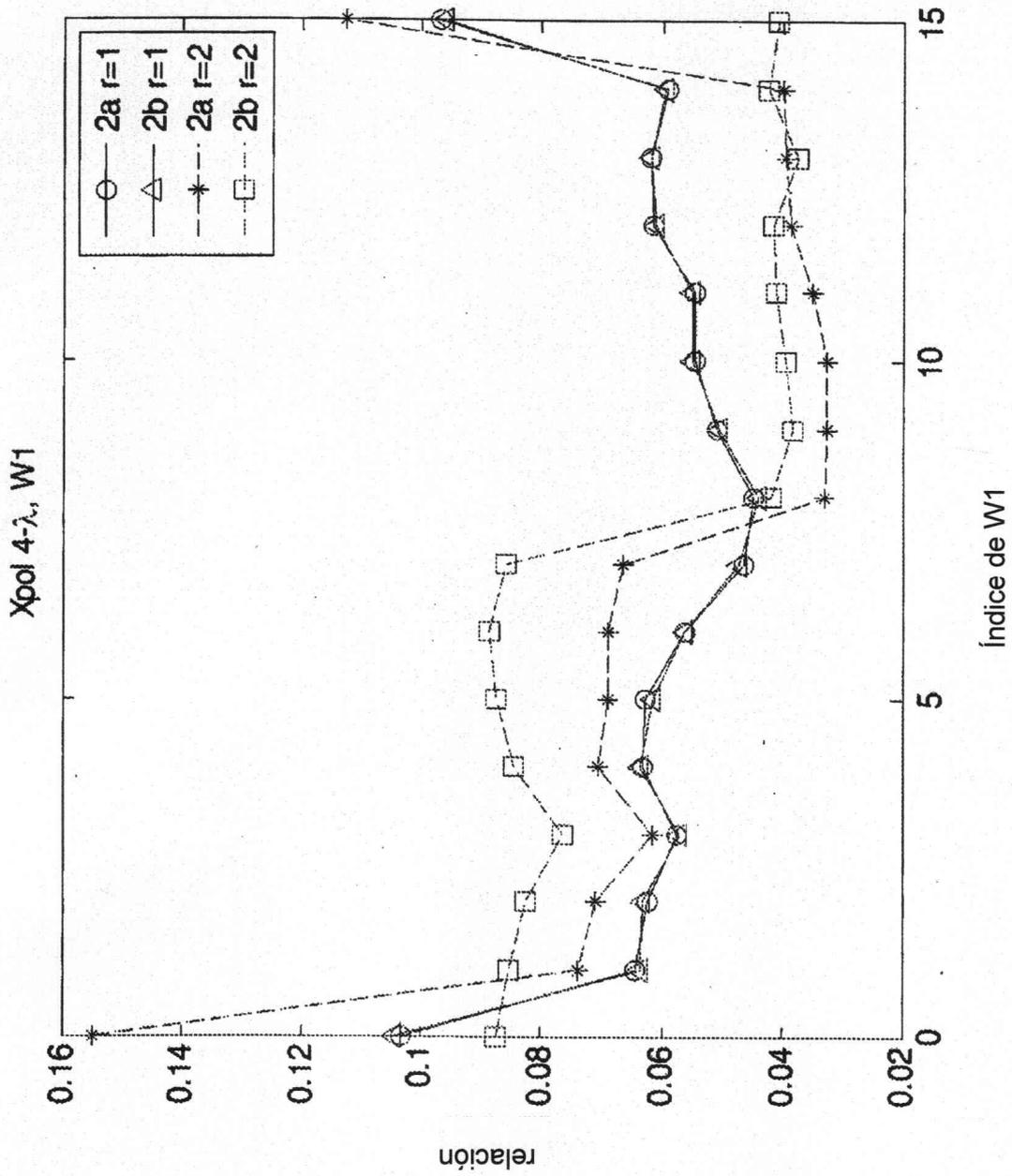


FIG. 2

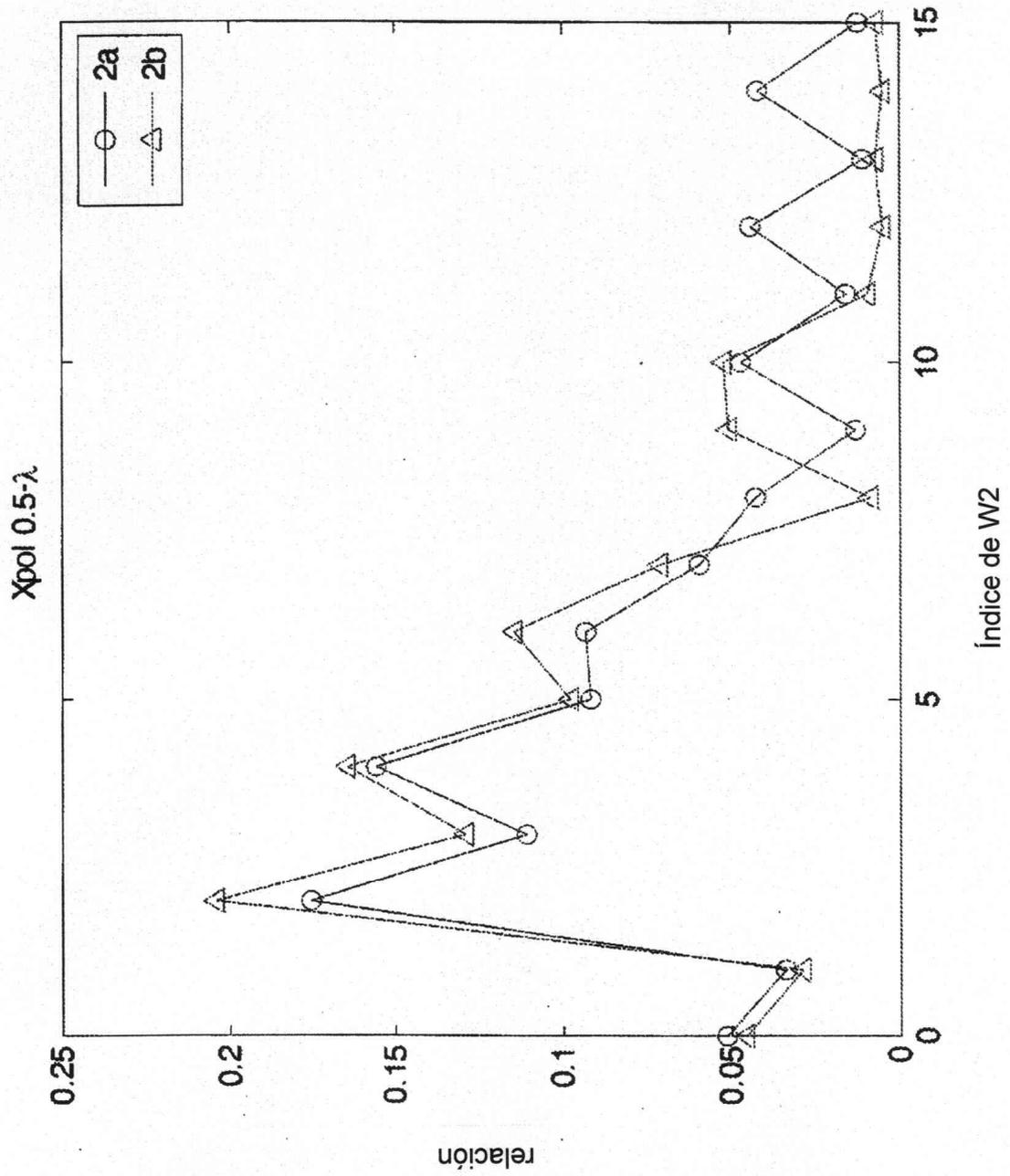


FIG. 3

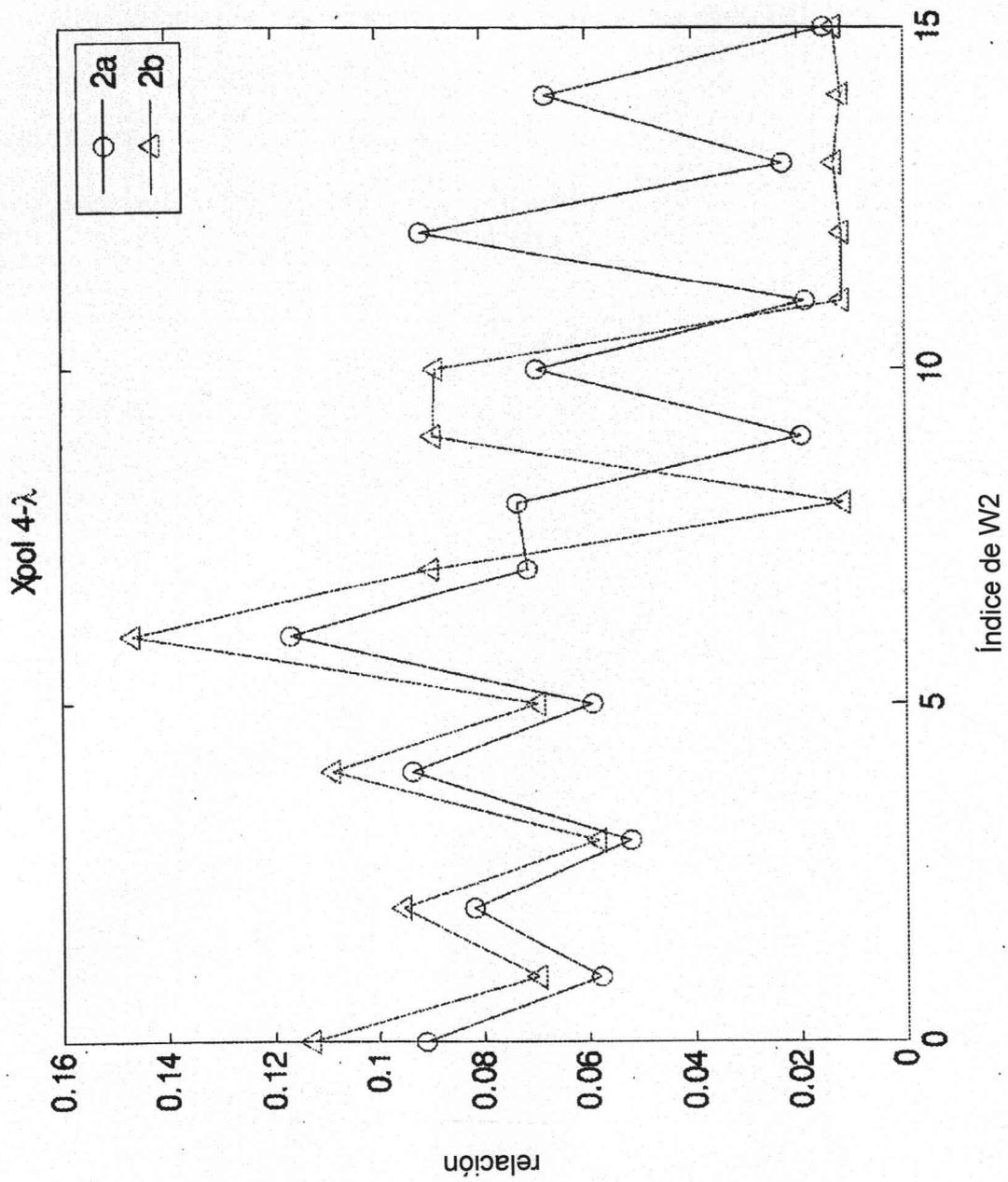


FIG. 4

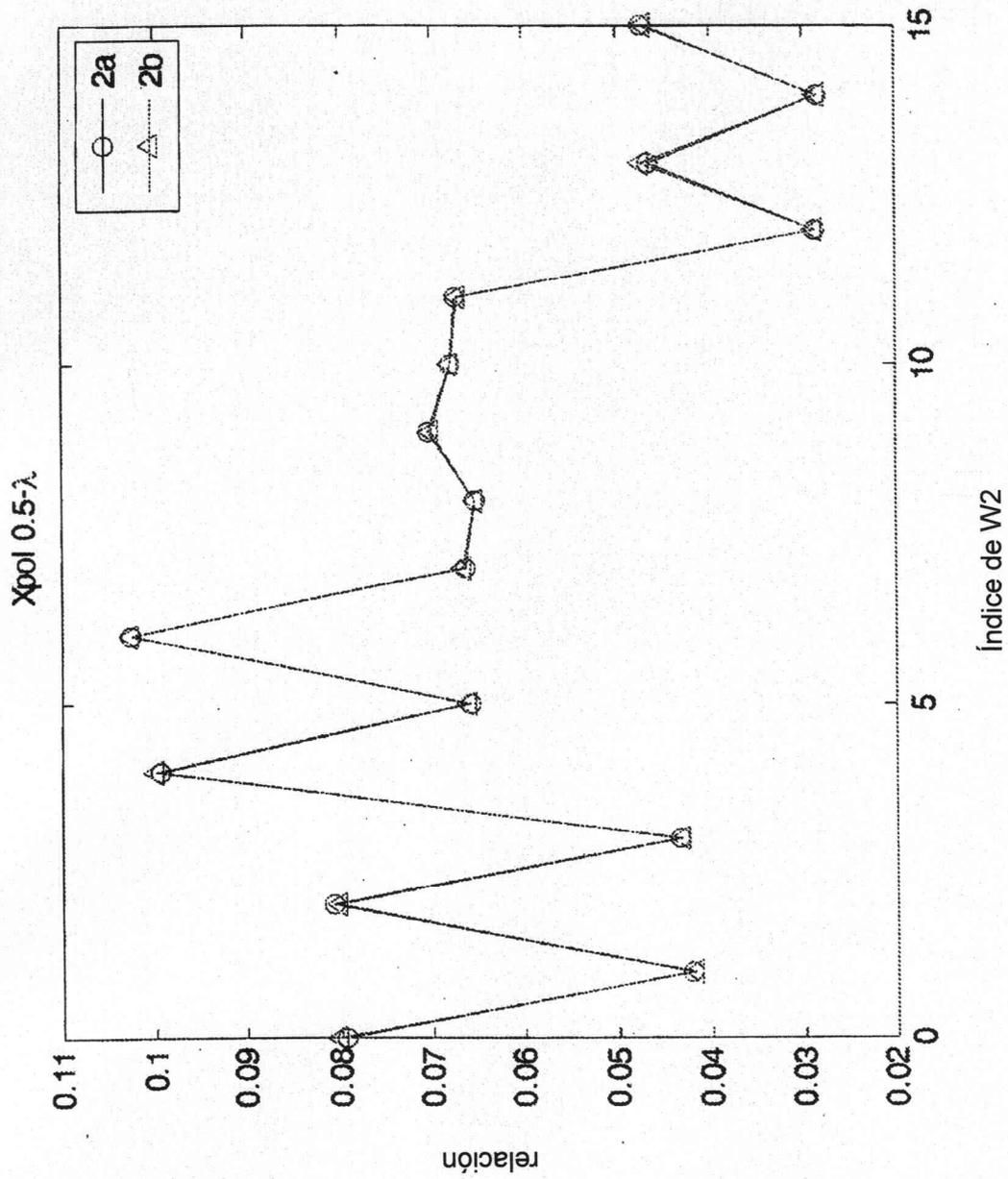


FIG. 5(a)

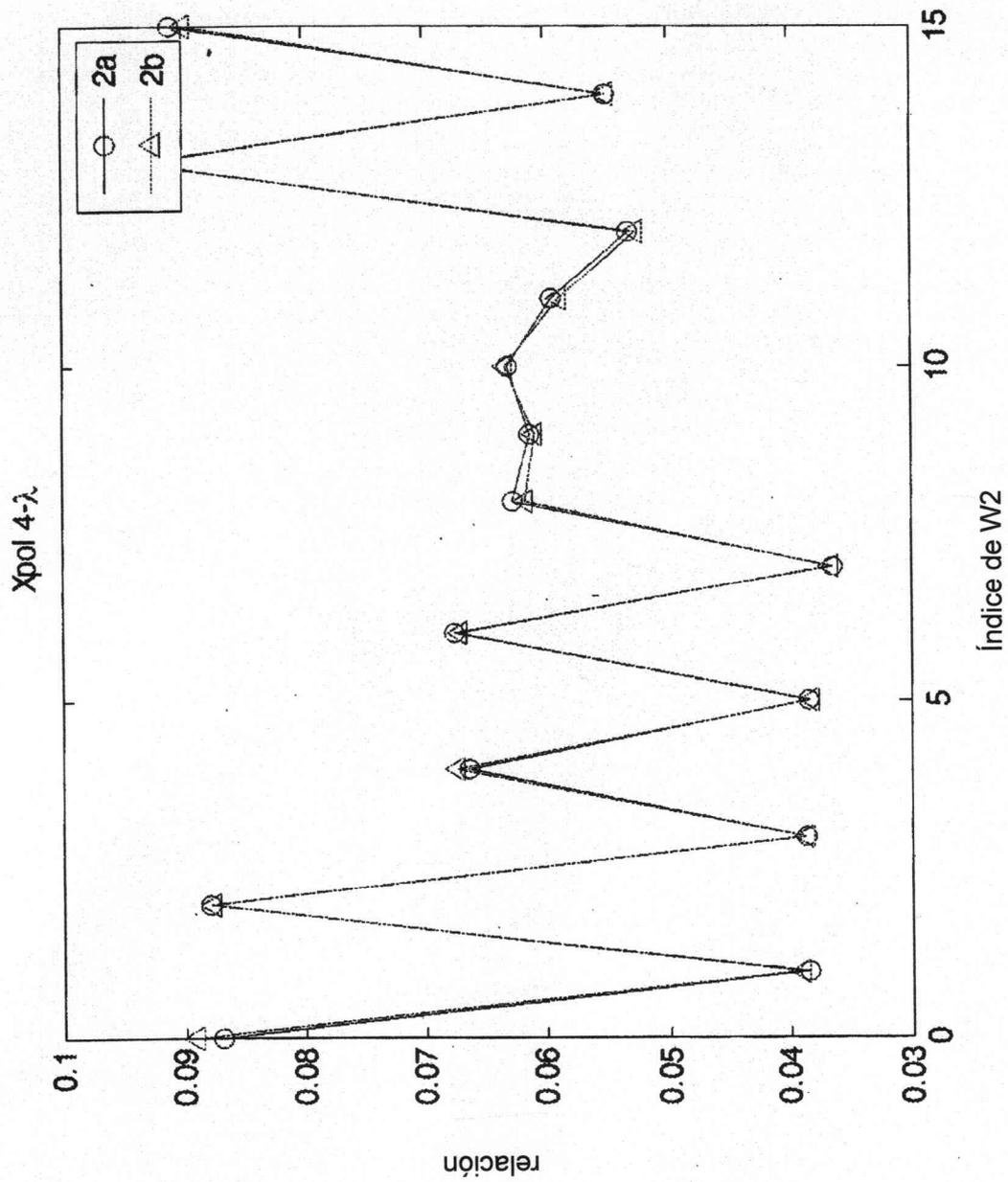


FIG. 5(b)

100

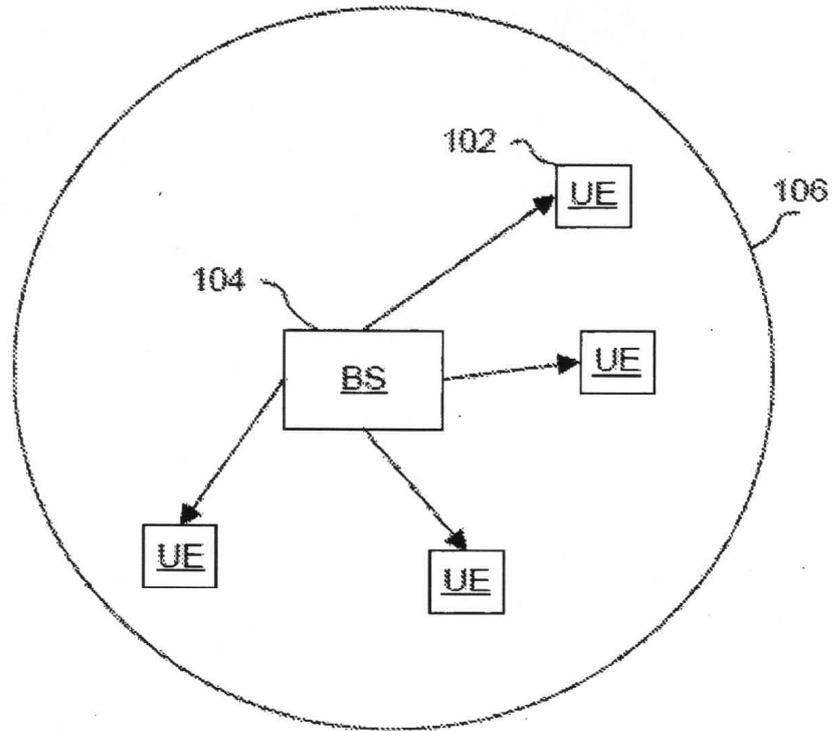


FIG. 6