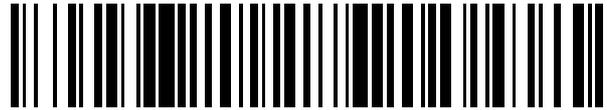


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 613 102**

51 Int. Cl.:

H04L 1/06 (2006.01)
H04L 1/04 (2006.01)
H04B 7/06 (2006.01)
H04J 13/00 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.05.2008 E 12194636 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.11.2016 EP 2584728**

54 Título: **Esquema de diversidad de transmisión de múltiples antenas**

30 Prioridad:

08.05.2007 US 924286 P
29.08.2007 US 896114

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.05.2017

73 Titular/es:

SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD (100.0%)
129, Samsung-ro, Yeongtong-gu, Suwon-si
Gyeonggi-do 443-742, KR

72 Inventor/es:

KHAN, FAROOQ;
TSAI, JIANN-AN y
ZHANG, JIANZHONG

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 613 102 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

Esquema de diversidad de transmisión de múltiples antenas

Antecedentes de la invención

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento para transmitir datos en un sistema de comunicación, y más específicamente, un procedimiento y circuitos para transmitir información usando el esquema de diversidad de transmisión de múltiples antenas.

Descripción de la técnica relacionada

- 10 Un sistema de radio celular típico incluye un número de estaciones base fijas y un número de estaciones móviles. Cada estación base cubre un área geográfica, que se define como una célula.

- 15 Típicamente, existe una trayectoria de propagación de radio sin línea de visión (NLOS) entre una estación base y una estación móvil debido a objetos naturales y artificiales dispuestos entre la estación base y la estación móvil. Como consecuencia, las ondas de radio se propagan mientras experimentan reflejos, difracciones y dispersión. La onda de radio que llega a la antena de la estación móvil en una dirección de enlace descendente, o a la antena de la estación base en una dirección de enlace ascendente, experimenta adiciones constructivas y destructivas debido a diferentes fases de ondas individuales generadas debido a los reflejos, difracciones y dispersión y recombinación fuera de fase. Esto es debido al hecho de que, a frecuencias de portadora altas típicamente usadas en una comunicación inalámbrica celular actual, los pequeños cambios en retardos de propagación diferencial introducen grandes cambios en las fases de las ondas individuales. Si la estación móvil se está moviendo o hay cambios en el entorno de dispersión, entonces las variaciones espaciales en la amplitud y fase de la señal recibida compuesta se manifestarán ellas mismas como las variaciones en el tiempo conocido como desvanecimiento de Rayleigh o desvanecimiento rápido atribuible a recepción multitrayectoria. La naturaleza variable en el tiempo del canal inalámbrico requiere relación de señal a ruido (SNR) muy alta para proporcionar fiabilidad de error de bits o error de paquetes deseado.

- 25 El esquema de diversidad es ampliamente usado para combatir el efecto de desvanecimiento rápido proporcionando a un receptor con múltiples réplicas desvanecidas de la misma señal que porta la información.

- Los esquemas de diversidad en general caen en las siguientes categorías: espacio, ángulo, polarización, campo, frecuencia, tiempo y diversidad multitrayectoria. La diversidad espacial puede conseguirse usando múltiples antenas de transmisión o de recepción. La separación espacial entre las múltiples antenas se elige de modo que las ramificaciones de diversidad, es decir, las señales transmitidas desde las múltiples antenas, experimenten desvanecimiento con poca o ninguna correlación. La diversidad de transmisión, que es un tipo de diversidad espacial, usa múltiples antenas de transmisión para proporcionar al receptor con múltiples réplicas no correlacionadas de la misma señal. Los esquemas de diversidad de transmisión pueden dividirse adicionalmente en esquemas de diversidad de transmisión de bucle abierto y de diversidad de transmisión de bucle cerrado. En el enfoque de diversidad de transmisión de bucle abierto no se requiere realimentación desde el receptor. En un tipo de diversidad de transmisión de bucle cerrado, un receptor conoce una disposición de antenas de transmisión, calcula un ajuste de fase y de amplitud que debería aplicarse en las antenas del transmisor para maximizar una potencia de la señal recibida en el receptor. En otra disposición de diversidad de transmisión de bucle cerrado denominada como diversidad de transmisión de selección (STD), el receptor proporciona información de realimentación al transmisor con respecto a qué antena o antenas usarse para transmisión.

- Un ejemplo de esquema de diversidad de transmisión de bucle abierto es el esquema de diversidad de espacio-tiempo 2×1 de Alamouti. El esquema de diversidad de espacio-tiempo 2×1 de Alamouti contempla transmitir un código de bloque 2×2 de Alamouti usando dos antenas de transmisión usando cualquiera de dos franjas de tiempo (es decir, diversidad de transmisión por Código de Bloque de Espacio Tiempo (STBC)) o dos subportadoras de frecuencia (es decir, diversidad de transmisión por Código de Bloque de Espacio Frecuencia (SFBC)).

- Una limitación del esquema de diversidad de espacio-tiempo 2×1 de Alamouti es que este esquema puede aplicarse únicamente a dos antenas de transmisión. Para transmitir datos usando cuatro antenas de transmisión, se combina una Diversidad de Transmisión de Conmutación de Frecuencia (FSTD) o una Diversidad de Transmisión de Conmutación de Tiempo (TSTD) con códigos de bloques. En el caso del esquema SFBC+FSTD combinado o el esquema STBC+TSTD, la matriz de los símbolos transmitidos desde las cuatro antenas de transmisión puede proporcionarse como:

$$\begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} & T_{13} & T_{14} \\ T_{21} & T_{22} & T_{23} & T_{24} \\ T_{31} & T_{32} & T_{33} & T_{34} \\ T_{41} & T_{42} & T_{43} & T_{44} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_1 & S_2 & 0 & 0 \\ -S_2^* & S_1^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_3 & S_4 \\ 0 & 0 & -S_4^* & S_3^* \end{bmatrix} \quad (1)$$

donde T_{ij} representa el símbolo transmitido en la i -ésima antena y la j -ésima subportadora o la j -ésima franja de tiempo, e $i = 1,2,3,4, j = 1,2,3,4$ para el caso de cuatro antenas de transmisión, donde S_1, S_2, S_3 y S_4 son símbolos a transmitirse.

- 5 El problema con el esquema SFBC+FSTD combinado y esquemas STBC+TSTD es que únicamente se usa una fracción de las antenas de transmisión totales y por lo tanto la capacidad del amplificador de potencia en una frecuencia o recurso de tiempo dados. Esto se indica mediante '0' elementos en la matriz SFBC+FSTD y STBC+TSTD anteriormente proporcionada. Cuando se aumenta la potencia de transmisión en los elementos distintos de cero en la matriz, se genera interferencia a ráfagas a las células vecinas degradando el rendimiento del sistema. En general, la interferencia a ráfagas se manifiesta a sí misma cuando ciertas fases de un patrón de salto de frecuencia sufren más interferencia que otras fases.

El documento "Antena Grouping for STC", IEEE C802.16e-04/365r1, de Samsung Electronics, desvela un esquema de transmisión 4Tx mejorado con intercambio de fila en una matriz de tiempo-espacio 4x4.

Sumario de la invención

- 15 Es por lo tanto un objeto de la presente invención proporcionar un procedimiento y circuito de transmisor mejorados para transmitir datos mediante múltiples antenas.

Es otro objeto para proporcionar un procedimiento y circuito transmisor para transmitir datos usando el esquema de diversidad de transmisión de múltiples antenas.

- 20 La presente invención se refiere a aparatos y procedimientos para transmitir y recibir datos de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas.

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento y circuito transmisor para transmisión de datos para modular datos a transmitirse en una pluralidad de símbolos modulados, codificar cada par de símbolos modulados de entre dicha pluralidad de símbolos de acuerdo con un esquema de diversidad de transmisión para producir una pluralidad de matrices de 2 por 2, correspondiendo cada matriz de 2 por 2 a cada par de símbolos modulados, ensanchar ortogonalmente la pluralidad de matrices de 2 por 2 para generar una matriz de salida, y transmitir los símbolos en la matriz de salida mediante una pluralidad de antenas usando cualquiera de un esquema de diversidad de transmisión de espacio tiempo, un esquema de diversidad de transmisión de espacio frecuencia, o una combinación de un esquema de diversidad de transmisión de espacio tiempo y un esquema de diversidad de transmisión de espacio frecuencia.

- 30 El esquema de diversidad de transmisión puede ser un esquema de diversidad de Alamouti, y cada una de las matrices de 2 por 2 puede establecerse mediante:

$$A = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} S_1 & S_2 \\ -S_2^* & S_1^* \end{bmatrix} \quad (2)$$

donde S_1 y S_2 son un par de los símbolos modulados.

- 35 El ensanchamiento ortogonal de la pluralidad de matrices de 2 por 2 puede realizarse de acuerdo con una matriz de ensanchamiento de ortogonalidad seleccionada a partir de un grupo, que comprende una matriz de Fourier, una matriz de Hadamard y una secuencia de Zadoff-Chu.

La etapa de ensanchar ortogonalmente la pluralidad de las matrices de 2 por 2 puede incluir generar una matriz C de código M por M que comprende la pluralidad de las matrices A_1 a A_n de 2 por 2 como los elementos de la matriz de código, correspondiendo M al número de las antenas, y estableciéndose la matriz de código C mediante:

$$C = \begin{bmatrix} A_1 & A_1 & \dots & A_1 \\ A_2 & A_2 & \dots & A_2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_n & A_n & \dots & A_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

- 40

donde n es un número entero entre 0 y $N-1$, y $N=M/2$, generar una matriz de ensanchamiento de M por M que es un producto de Kronecker de una matriz de ensanchamiento ortogonal de N por N y una matriz de 2 por 2 siendo todos los elementos 1, y ensanchar ortogonalmente la matriz C de código de M por M por una multiplicación a nivel de elementos de la matriz C de código de N por N y la matriz de ensanchamiento de M por M para generar la matriz de salida de N por N .

Un par de filas seleccionadas en la matriz de salida pueden intercambiarse.

Un par de columnas seleccionadas en la matriz de salida pueden intercambiarse.

El intercambio de cualquiera del par de filas seleccionadas o el par de columnas seleccionadas puede ser conocido por un receptor antes de recibir datos desde un transmisor.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento para transmisión de datos para modular datos a transmitirse en una pluralidad de símbolos modulados, codificar cada par de símbolos modulados de entre dicha pluralidad de símbolos de acuerdo con un esquema de diversidad de transmisión para dar como resultado una pluralidad de matrices de 2 por 2, correspondiendo cada matriz de 2 por 2 a cada par de símbolos modulados, generar una matriz de salida con la pluralidad de las matrices de 2 por 2 como los elementos de la matriz de salida, intercambiar cualquiera de un par de filas seleccionadas de la matriz de salida, o un par de columnas seleccionadas de la matriz de salida, y transmitir los símbolos en la matriz de salida mediante una pluralidad de antenas usando cualquiera de un esquema de diversidad de transmisión de espacio tiempo, un esquema de diversidad de transmisión de espacio frecuencia, o una combinación de un esquema de diversidad de transmisión de espacio tiempo y un esquema de diversidad de transmisión de espacio frecuencia .

20 **Breve descripción de los dibujos**

Una apreciación más completa de la invención, y muchas de las ventajas añadidas de la misma, será fácilmente evidente ya que la misma se hace entender mejor haciendo referencia a la siguiente descripción detallada cuando se considera en conjunto con los dibujos adjuntos en los que símbolos de referencia similares indican los mismos componentes o similares, en los que:

la Figura 1 es una ilustración de una cadena de transceptor de Multiplexación por División Ortogonal de Frecuencia (OFDM) adecuada para la puesta en práctica de los principios de las presentes invenciones;
 la Figura 2 es una ilustración de un esquema de diversidad de transmisión de Código de Bloque de Espacio Tiempo para dos antenas de transmisión;
 la Figura 3 es una ilustración de un esquema de diversidad de transmisión de Código de Bloque de Espacio Frecuencia para dos antenas de transmisión;
 la Figura 4 es una ilustración de un esquema de diversidad de transmisión de Código de Bloque de Espacio Frecuencia alternativo para dos antenas de transmisión;
 la Figura 5 es una ilustración de mapeo de señales de referencia de enlace descendente en un sistema de la Evolución a Largo Plazo del Proyecto Común de Tecnologías Inalámbricas de la 3ª Generación actual;
 la Figura 6 es una ilustración de un esquema de diversidad de transmisión para cuatro antenas de transmisión de acuerdo con una primera realización de los principios de la presente invención;
 la Figura 7 es una ilustración de un esquema de diversidad de transmisión para cuatro antenas de transmisión de acuerdo con una segunda realización de los principios de la presente invención;
 la Figura 8 es una ilustración de un esquema de diversidad de transmisión para cuatro antenas de transmisión de acuerdo con una tercera realización de los principios de la presente invención;
 la Figura 9 es una ilustración de una realización de permutación de columna práctica de acuerdo con los principios de la presente invención, y
 la Figura 10 es una ilustración de un transmisor construido como una realización ejemplar de acuerdo con los principios de la presente invención.

45 **Descripción detallada de la invención**

La presente invención se describirá más completamente en lo sucesivo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestran realizaciones preferidas de la invención. Como apreciarán los expertos en la materia, las realizaciones descritas pueden modificarse de diferentes maneras, todas sin alejarse del alcance de la presente invención.

La Figura 1 ilustra una cadena de transceptor de Multiplexación por División Ortogonal de Frecuencia (OFDM). En un sistema de comunicación que usa tecnología de OFDM, en la cadena 110 de transmisor, las señales de control o datos 111 se modulan mediante el modulador 112 y se convierten de serie a paralelo mediante el convertidor 113 de Serie/Paralelo (S/P). La unidad 114 de Transformada Rápida de Fourier Inversa (IFFT) se usa para transferir la señal desde el dominio de frecuencia al dominio del tiempo. El prefijo cíclico (CP) o prefijo cero (ZP) se añade a cada símbolo de OFDM mediante la unidad 116 de inserción de CP para evitar o mitigar el impacto debido al desvanecimiento multitrayectoria. En consecuencia, la señal se transmite mediante la unidad 117 de procesamiento de extremo frontal del transmisor (Tx), tal como una antena (no mostrada), o como alternativa, mediante cable o alambre fijo. En la cadena 120 de receptor, suponiendo que se consiguen sincronización de tiempo y frecuencia

perfectas, la señal recibida mediante la unidad 121 de procesamiento de extremo frontal del receptor (Rx) se procesa mediante la unidad 122 de eliminación de CP. La unidad 124 de Transformada Rápida de Fourier (FFT) transfiere la señal recibida desde el dominio del tiempo al dominio de frecuencia para procesamiento adicional.

5 El ancho de banda total en un sistema de OFDM se divide en unidades de frecuencia de banda estrecha denominadas subportadoras. El número de subportadoras es igual al tamaño N de FFT/IFFT usado en el sistema. En general, el número de subportadoras usadas para datos es menor que N puesto que algunas subportadoras en el límite del espectro de frecuencia se reservan como subportadoras de guarda. En general, no se transmite información en las subportadoras de guarda.

10 El esquema de diversidad se usa ampliamente para combatir el efecto de desvanecimiento rápido proporcionando a un receptor con múltiples réplicas desvanecidas de la misma señal que porta la información. Un ejemplo de esquema de diversidad de transmisión de bucle abierto es el esquema de diversidad de transmisión de código de bloque de espacio-tiempo (STBC) 2x1 de Alamouti como se ilustra en la Figura 2. En este enfoque, durante cualquier periodo de símbolo, es decir, periodo de tiempo, un transmisor transmite dos símbolos de datos mediante dos antenas de transmisión a un receptor. Como se muestra en la Figura 2, durante el primer intervalo de símbolo 15 t_1 , los símbolos S_1 y S_2 se transmiten respectivamente mediante las antenas ANT 1 y ANT 2. Durante el siguiente periodo de símbolo t_2 , los símbolos $-S_2^*$ y S_1^* se transmiten respectivamente mediante las antenas ANT 1 y ANT 2, donde x^* representa la conjugada compleja de x . Después de recibir las señales, el receptor realiza una pluralidad de procedimientos para recuperar los símbolos originales S_1 y S_2 . Obsérvese que las ganancias de canal instantáneas g_1 y g_2 para ANT 1 y ANT 2, respectivamente, se requieren para procesamiento en el receptor. Por lo tanto, el transmisor necesita transmitir símbolos piloto separados mediante ambas de las antenas ANT 1 y ANT 2 para estimación de ganancia de canal en el receptor. La ganancia de diversidad conseguida mediante la codificación de Alamouti es la misma que la conseguida en Combinación de Relación Máxima (MRC).

20 El esquema de Alamouti 2x1 puede implementarse también en un esquema de diversidad de transmisión de código de bloque de espacio-frecuencia (SFBC) como se ilustra en la Figura 3. Como se muestra en la Figura 3, los símbolos S_1 y S_2 se transmiten respectivamente a un receptor mediante las antenas ANT 1 y ANT 2 en una primera subportadora que tiene la frecuencia f_1 en un sistema de Multiplexación por División Ortogonal de Frecuencia (OFDM), los símbolos $-S_2^*$ y S_1^* se transmiten respectivamente mediante las antenas ANT 1 y ANT 2 en una segunda subportadora que tiene la frecuencia f_2 . Por lo tanto una matriz de símbolos transmitidos desde las antenas ANT 1 y ANT 2 puede escribirse como:

$$30 \begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} \\ T_{21} & T_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_1 & -S_2^* \\ S_2 & S_1^* \end{bmatrix}, \quad (4)$$

La señal recibida en el receptor en la subportadora que tiene la frecuencia f_1 es r_1 , y la señal recibida en el receptor en la subportadora que tiene la frecuencia f_2 es r_2 . r_1 y r_2 pueden escribirse como:

$$35 \begin{aligned} r_1 &= h_1 s_1 + h_2 s_2 + n_1 \\ r_2 &= -h_1 s_2^* + h_2 s_1^* + n_2 \end{aligned}, \quad (5)$$

donde h_1 y h_2 son ganancias de canal desde ANT 1 y ANT 2 respectivamente. Suponemos también que el canal desde unas antenas dadas no cambia entre la subportadora que tiene la frecuencia f_1 y la subportadora que tiene la frecuencia f_2 . El receptor realiza ecualización en las señales recibidas y combina las dos señales recibidas (r_1 y r_2) para recuperar los símbolos S_1 y S_2 . Los símbolos recuperados \hat{S}_1 y \hat{S}_2 pueden escribirse como:

$$\begin{aligned} \hat{s}_1 &= h_1^* r_1 + h_2 r_2^* \\ &= h_1^* (h_1 s_1 + h_2 s_2 + n_1) + h_2 (-h_1 s_2^* + h_2 s_1^* + n_2)^* \\ &= (|h_1|^2 + |h_2|^2) s_1 + h_1^* n_1 + h_2 n_2^* \\ \hat{s}_2 &= h_2^* r_1 + h_1 r_2^* \\ &= h_2^* (h_1 s_1 + h_2 s_2 + n_1) + h_1 (-h_1 s_2^* + h_2 s_1^* + n_2)^* \\ &= (|h_1|^2 + |h_2|^2) s_2 + h_2^* n_1 + h_1 n_2^* \end{aligned} \quad (6)$$

40 Puede observarse que ambos de los símbolos transmitidos \hat{S}_1 y \hat{S}_2 consiguen diversidad espacial completa, es decir, cada uno de los símbolos transmitidos \hat{S}_1 y \hat{S}_2 elimina completamente una interferencia entre sí.

Un mapeo alternativo para el esquema SFBC de dos antenas de transmisión se muestra en la Figura 4. Una matriz de símbolos transmitidos desde las antenas ANT 1 y ANT 2 puede escribirse como:

$$\begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} \\ T_{21} & T_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_1 & S_2 \\ -S_2^* & S_1^* \end{bmatrix}, \quad (7)$$

5 La matriz de transmisión en la Ecuación (7) para el esquema en la Figura 4 es una transpuesta de la matriz de transmisión en la Ecuación (4) para el esquema mostrado en la Figura 3.

Otras propuestas encontradas en la técnica para diversidad de transmisión de cuatro antenas de transmisión combinan Diversidad de Transmisión de Conmutación de Frecuencia (FSTD) o Diversidad de Transmisión de Conmutación de Tiempo (TSTD) con códigos de bloque. En el caso de esquema SFBC+ FSTD combinado o el esquema STBC+TSTD, la matriz de los símbolos transmitidos desde las cuatro antenas de transmisión se proporciona como:

$$\begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} & T_{13} & T_{14} \\ T_{21} & T_{22} & T_{23} & T_{24} \\ T_{31} & T_{32} & T_{33} & T_{34} \\ T_{41} & T_{42} & T_{43} & T_{44} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_1 & S_2 & 0 & 0 \\ -S_2^* & S_1^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_3 & S_4 \\ 0 & 0 & -S_4^* & S_3^* \end{bmatrix} \quad (8)$$

donde T_{ij} representa el símbolo transmitido en la i -ésima antena y la j -ésima subportadora o la j -ésima franja de tiempo, e $i = 1,2,3,4$, $j = 1,2,3,4$ para el caso de cuatro antenas de transmisión. A y B son códigos de bloque proporcionados como sigue.

$$A = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} S_1 & S_2 \\ -S_2^* & S_1^* \end{bmatrix}$$

$$B = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} S_3 & S_4 \\ -S_4^* & S_3^* \end{bmatrix} \quad (9)$$

15 Una representación equivalente de la señal de transmisión de SFBC+FSTD anterior dada en la ecuación (1) existe de la siguiente forma. Indicando el vector de señal de transmisión $y(i) = [y^{(0)}(i) y^{(1)}(i) y^{(2)}(i) y^{(3)}(i)]^T$ el vector de señal de transmisión en cuatro antenas de transmisión para la i -ésima subportadora. La señal de transmisión generada a partir del esquema SFBC+FSTD en (1) puede escribirse de manera equivalente como sigue, suponiendo que la

20 la señal de transmisión se mapea a las cuatro subportadoras consecutivas $4i, 4i+1, 4i+1, 4i+3$:

$$\begin{bmatrix} y^{(0)}(4i) \\ y^{(1)}(4i) \\ y^{(2)}(4i) \\ y^{(3)}(4i) \\ y^{(0)}(4i+1) \\ y^{(1)}(4i+1) \\ y^{(2)}(4i+1) \\ y^{(3)}(4i+1) \\ y^{(0)}(4i+2) \\ y^{(1)}(4i+2) \\ y^{(2)}(4i+2) \\ y^{(3)}(4i+2) \\ y^{(0)}(4i+3) \\ y^{(1)}(4i+3) \\ y^{(2)}(4i+3) \\ y^{(3)}(4i+3) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -j & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & j \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & j \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -j & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \text{Re}(S_1(i)) \\ \text{Re}(S_2(i)) \\ \text{Re}(S_3(i)) \\ \text{Re}(S_4(i)) \\ \text{Im}(S_1(i)) \\ \text{Im}(S_2(i)) \\ \text{Im}(S_3(i)) \\ \text{Im}(S_4(i)) \end{bmatrix} \quad (10)$$

donde cada uno de $S_1(i)$, $S_2(i)$, $S_3(i)$, $S_4(i)$ es una función del índice i .

5 El problema con el esquema SFBC+FSTD combinado y los esquemas STBC+TSTD es que únicamente se usa una fracción de las antenas de transmisión totales y por lo tanto la capacidad de amplificador de potencia (PA) para transmisión en un recurso de frecuencia o tiempo dados. Esto se indica mediante '0' elementos en la matriz de SFBC+FSTD y STBC+TSTD dada anteriormente. Cuando se aumenta la potencia de transmisión en los elementos distintos de cero en la matriz, se genera interferencia a ráfagas a las células vecinas degradando el rendimiento de sistema.

10 El mapeo de señales de referencia de enlace descendente para cuatro antenas de transmisión en el sistema de LTE de 3GPP (Evolución a Largo Plazo del Proyecto Común de Tecnologías Inalámbricas de la 3ª Generación) se muestra en la Figura 5. La notación R_p se usa para indicar un elemento de recurso usado para transmisión de señal de referencia en el puerto de antena p . Puede observarse que la densidad en los puertos de antena 2 y 3 es la mitad de la densidad en los puertos de antena 0 y 1. Esto conduce a estimaciones de canal más débiles en los puertos de antena 2 y 3 con relación a las estimaciones de canal en los puertos de antena 0 y 1.

15 En la invención actual describimos un esquema de diversidad de transmisión de bucle abierto donde se ensancha el código de bloque Alamouti con una función ortogonal para proporcionar diversidad para transmisiones mediante más de dos antenas de transmisión. Describiremos invención suponiendo una matriz de Fourier. Debería observarse que los principios de la invención actual pueden extenderse y aplicarse fácilmente a los casos de otras funciones ortogonales tales como la función de Hadamard o las secuencias de Zadoff-Chu (ZC).

Una matriz de Fourier es una matriz cuadrada de $N \times N$ con las entradas proporcionadas mediante:

20
$$P_N = e^{j2\pi mn/N} \quad m, n = 0, 1, \dots, (N-1) \quad (11)$$

Por ejemplo, una matriz de Fourier de 2x2 puede expresarse como:

$$P_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & e^{j\pi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \quad (12)$$

De manera similar, una matriz de Fourier de 4x4 puede expresarse como:

$$P_4 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & e^{j\pi/2} & e^{j\pi} & e^{j3\pi/2} \\ 1 & e^{j\pi} & e^{j2\pi} & e^{j3\pi} \\ 1 & e^{j3\pi/2} & e^{j3\pi} & e^{j9\pi/2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & j & -1 & -j \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -j & -1 & j \end{bmatrix} \quad (13)$$

25 Pueden definirse múltiples matrices de Fourier introduciendo un parámetro de desplazamiento (g/G) en la matriz de Fourier. La entrada de las múltiples matrices de Fourier se proporciona mediante:

$$P_{mn} = e^{j2\pi \frac{m}{N} \left(n + \frac{g}{G} \right)} \quad m, n = 0, 1, \dots, (N-1) \quad (14)$$

Un conjunto de cuatro matrices de Fourier de 2x2 puede definirse tomando $G=4$, y $g=0, 1, 2$ y 3 se escriben como:

$$P_2^0 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \quad (15)$$

30
$$P_2^1 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ e^{j\pi/4} & -e^{j\pi/4} \end{bmatrix} \quad (16)$$

$$P_2^2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ e^{j\pi/2} & -e^{j\pi/2} \end{bmatrix} \quad (17)$$

$$P_2^3 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ e^{j3\pi/4} & -e^{j3\pi/4} \end{bmatrix} \quad (18)$$

Obsérvese que además del conjunto de cuatro matrices de Fourier enumeradas anteriormente, podemos aplicar también versiones permutadas de fila o columna de este conjunto de matrices de Fourier. Por ejemplo, las permutaciones de fila y columna de la matriz P_2^0 se proporcionan mediante:

$$P_2^5 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \quad P_2^6 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (19)$$

- 5 Para cada matriz de Fourier, hay dos versiones permutadas. Por lo que el número total de la matriz ensanchada P es 12.

En una k-ésima secuencia de Zadoff-Chu, una entrada n-ésima $c_k(n)$ de la secuencia de Zadoff-Chu de orden k puede expresarse como:

$$c_k(n) = e^{j2\pi k \frac{n(n+1)/2 + qn}{L}} \quad \text{donde } L \text{ es un número entero positivo impar}$$

$$c_k(n) = e^{j2\pi k \frac{n^2/2 + qn}{L}} \quad \text{donde } L \text{ es un número entero positivo par} \quad (20)$$

- 10 donde k es un número entero que es primo relativo con L, y q es un número entero.

Una matriz de Hadamard de orden n es una solución al problema del determinante máximo de Hadamard. Una definición equivalente de las matrices de Hadamard se proporciona mediante:

$$H_n H_n^T = nI_n \quad (21)$$

donde I_n es una matriz de identidad de $n \times n$.

- 15 Por ejemplo, una matriz de Hadamard de orden 4 puede expresarse como:

$$H_4 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} \quad (22)$$

En una primera realización de acuerdo con los principios de la presente invención, suponemos que se transmiten cuatro símbolos S_1 , S_2 , S_3 y S_4 en cuatro subportadoras usando cuatro antenas de transmisión. Definiéndose la matriz A y B como sigue.

$$A = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} S_1 & S_2 \\ -S_2^* & S_1^* \end{bmatrix}$$

$$B = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} S_3 & S_4 \\ -S_4^* & S_3^* \end{bmatrix} \quad (23)$$

- 20 Puede observarse que cada matriz A y B es un código de Alamouti para el par de símbolos S_1 y S_2 , y el par de símbolos S_3 y S_4 , respectivamente. Construimos una matriz de 2×2 con A y B como sus elementos y realizamos una multiplicación elemento por elemento con una matriz de Fourier 2×2 ampliada como sigue. Obsérvese que el operador * indica multiplicación a nivel de elemento y 0 indica el producto de Kronecker.

$$T_i = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} A & A \\ B & B \end{bmatrix} \cdot * \left(P_2^i \otimes \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \right), \quad \text{para } i=1, \dots, 12. \quad (24)$$

- 25 Para el caso $i = 0$, la matriz de 4×4 resultante que indica SFBC de ensanchamiento de DFT o STBC de ensanchamiento de DFT de la transformada de Fourier discreta o se proporciona como sigue.

$$\begin{aligned}
 T_0 &= \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} A & A \\ B & B \end{bmatrix} \cdot \left(P_2^0 \otimes \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \right) \\
 &= \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} A & A \\ B & B \end{bmatrix} \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \right) \\
 &= \frac{1}{\sqrt{4}} \begin{bmatrix} S_1 & S_2 & S_1 & S_2 \\ -S_2^* & S_1^* & -S_2^* & S_1^* \\ S_3 & S_4 & -S_3 & -S_4 \\ -S_4^* & S_3^* & S_4^* & -S_3^* \end{bmatrix}
 \end{aligned} \tag{25}$$

Para el caso donde la matriz de ensanchamiento es una versión permutada de la matriz de Fourier, por ejemplo, para $i=5$, tenemos

$$\begin{aligned}
 T_3 &= \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} A & A \\ B & B \end{bmatrix} \cdot \left(P_2^5 \otimes \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \right) \\
 &= \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} A & A \\ B & B \end{bmatrix} \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \right) \\
 T_3 &= \frac{1}{\sqrt{4}} \begin{bmatrix} S_1 & S_2 & S_1 & S_2 \\ -S_2^* & S_1^* & -S_2^* & S_1^* \\ -S_3 & -S_4 & S_3 & S_4 \\ S_4^* & -S_3^* & -S_4^* & S_3^* \end{bmatrix}
 \end{aligned} \tag{26}$$

5 Para una matriz dada (por ejemplo la matriz T_0), el elemento en la fila m , columna n se indica mediante $[T_0]_{m,n}$ y $[T_0]_{m,n}$ representa el símbolo transmitido en la m -ésima antena y en la n -ésima subportadora o n -ésima franja de tiempo, $m = 1,2,3,4$ y $n = 1,2,3,4$ para el caso de cuatro antenas de transmisión. La Figura 6 es una ilustración del esquema de diversidad de transmisión para cuatro antenas de transmisión y cuatro franjas de tiempo de acuerdo con la primera realización de los principios de la presente invención.

10 Puede observarse que puede aplicarse el mismo principio al caso donde la transmisión de la matriz de 4×4 está por encima de una mezcla de subportadoras y franjas de tiempo. Por ejemplo, los cuatro elementos (índice n) pueden construirse con 2 subportadoras y 2 franjas de tiempo.

En una segunda realización de acuerdo con los principios de la presente invención, intercambiamos la segunda fila y la tercera fila de T_i , dando como resultado por lo tanto una nueva matriz de SFBC denominada $T_{i,r}$. $T_{i,r}$ es útil para igualar la disparidad de densidad de piloto intrínseca en la estructura de señal de referencia del sistema de LTE. Por ejemplo, $T_{0,r}$ se proporciona mediante lo siguiente.

15

$$T_{0,r} = \frac{1}{\sqrt{4}} \begin{bmatrix} S_1 & S_2 & S_1 & S_2 \\ S_3 & S_4 & -S_3 & -S_4 \\ -S_2^* & S_1^* & -S_2^* & S_1^* \\ -S_4^* & S_3^* & S_4^* & -S_3^* \end{bmatrix} \tag{27}$$

La Figura 7 es una ilustración del esquema de diversidad de transmisión para cuatro antenas de transmisión y cuatro franjas de tiempo de acuerdo con la segunda realización de los principios de la presente invención.

20 En una tercera realización de acuerdo con los principios de la presente invención, proponemos intercambiar la segunda y tercera fila de la matriz de SFBC-FSTD como se expresa en la Ecuación (8), dando como resultado por lo tanto la nueva matriz de SFBC como se expresa en la siguiente Ecuación (28). Mediante esta operación, los símbolos S_1 y S_2 se transmiten a través de los puertos de antena 0 y 2 mientras que los símbolos S_3 y S_4 se transmiten a través de los puertos de antena 1 y 3 como se proporciona mediante la matriz de transmisión a continuación. De nuevo, esto es útil para igualar la disparidad de densidad de piloto intrínseca en la estructura de señal de referencia del sistema de LTE.

25

$$\begin{bmatrix} S_1 & S_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_3 & S_4 \\ -S_2^* & S_1^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -S_4^* & S_3^* \end{bmatrix} \quad (28)$$

La Figura 8 es una ilustración del esquema de diversidad de transmisión para cuatro antenas de transmisión y cuatro franjas de tiempo de acuerdo con la tercera realización de los principios de la presente invención.

5 En una cuarta realización de acuerdo con los principios de la presente invención, conmutamos la segunda y tercera columnas de la matriz T_5 , dando como resultado por lo tanto una nueva matriz expresada en la siguiente Ecuación (29):

$$T_p = \frac{1}{\sqrt{4}} \begin{bmatrix} S_1 & S_1 & S_2 & S_2 \\ -S_2^* & -S_2^* & S_1^* & S_1^* \\ -S_3 & S_3 & -S_4 & S_4 \\ S_4^* & -S_4^* & -S_3^* & S_3^* \end{bmatrix} \quad (29)$$

10 Un ejemplo de permutación de columna de acuerdo con los principios de la invención actual se proporciona en la Figura 9. En la etapa S301, se genera la matriz de salida T_5 de acuerdo con el procedimiento descrito en la primera realización de la presente invención. En la etapa S302, se intercambia (es decir, permutan) la segunda columna y la tercera columna de la matriz de salida T_5 para generar una nueva matriz de salida T_p . En la etapa S303, los símbolos en la matriz de salida T_p se transmiten mediante múltiples antenas.

15 Debería observarse que los principios de la invención actual también se aplican a los casos donde las columnas distintas a la segunda y tercera columna se conmutan. También, la estación base puede realizar conmutación de columna de una manera predeterminada que es conocida para el equipo de usuario. Es posible también usar siempre la matriz permutada fija T_p como se muestra en la Ecuación (29).

20 La Figura 10 es una ilustración de un transmisor construido como una realización ejemplar de acuerdo con los principios de la presente invención. El transmisor 200 está construido con un modulador 210, una unidad 220 de precodificación, una unidad 230 de ensanchamiento y una pluralidad de antenas 240. El modulador 210 modula datos a transmitirse en una pluralidad de símbolos modulados. La unidad 220 de precodificación codifica cada par de símbolos modulados de entre dicha pluralidad de símbolos de acuerdo con un esquema de diversidad de transmisión para dar como resultado una pluralidad de matrices de 2 por 2. En este punto, cada matriz de 2 por 2 corresponde a cada par de símbolos modulados. La unidad 230 de ensanchamiento ensancha ortogonalmente la pluralidad de matrices de 2 por 2 para generar una matriz de salida. Los símbolos en la matriz de salida se transmiten a través de la pluralidad de antenas 240 usando cualquiera de un esquema de diversidad de transmisión de espacio tiempo, un esquema de diversidad de transmisión de espacio frecuencia, o una combinación de un esquema de diversidad de transmisión de espacio tiempo y un esquema de diversidad de transmisión de espacio frecuencia.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de transmisión de datos, comprendiendo el procedimiento:

modular datos a ser transmitidos en una pluralidad de símbolos modulados; y
 transmitir la pluralidad de símbolos modulados de acuerdo con una matriz de salida mediante una pluralidad de
 5 antenas a través de una pluralidad de subportadoras de frecuencia,
 en el que un primer símbolo y un segundo símbolo se transmiten mediante una primera antena a través de una
 primera subportadora de frecuencia y una segunda subportadora de frecuencia respectivamente, un tercer
 símbolo y un cuarto símbolo se transmiten mediante una segunda antena a través de una tercera subportadora
 10 de frecuencia y una cuarta subportadora de frecuencia respectivamente, una conjugada compleja inversa del
 segundo símbolo y una conjugada compleja del primer símbolo se transmiten mediante una tercera antena a
 través de la primera subportadora de frecuencia y la segunda subportadora de frecuencia respectivamente, y una
 conjugada compleja inversa del cuarto símbolo y una conjugada compleja del tercer símbolo se transmiten
 15 mediante una cuarta antena a través de la tercera subportadora de frecuencia y la cuarta subportadora de
 frecuencia respectivamente, y
 en el que la densidad de elementos de recursos usados para transmisión de señal de referencia en la tercera
 antena y la cuarta antena es inferior que la densidad de elementos de recursos usados para transmisión de señal
 de referencia en la primera antena y la segunda antena, en el que la matriz de salida **está caracterizada por**:

$$\begin{bmatrix} S_1 & S_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_3 & S_4 \\ -S_2^* & S_1^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -S_4^* & S_3^* \end{bmatrix}$$

20 donde S_1, S_2, S_3 y S_4 son la pluralidad de símbolos modulados a ser transmitidos mediante la pluralidad de antenas.

2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que cuando la pluralidad de símbolos modulados transmitidos a través de la pluralidad de subportadoras de frecuencia $4i, 4i+1, 4i+2$ y $4i+3$, la matriz de salida **está caracterizada de acuerdo con**:

$$\begin{bmatrix} y^{(0)}(4i) \\ y^{(1)}(4i) \\ y^{(2)}(4i) \\ y^{(3)}(4i) \\ y^{(0)}(4i+1) \\ y^{(1)}(4i+1) \\ y^{(2)}(4i+1) \\ y^{(3)}(4i+1) \\ y^{(0)}(4i+2) \\ y^{(1)}(4i+2) \\ y^{(2)}(4i+2) \\ y^{(3)}(4i+2) \\ y^{(0)}(4i+3) \\ y^{(1)}(4i+3) \\ y^{(2)}(4i+3) \\ y^{(3)}(4i+3) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -j & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & j \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & j \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{Re}(S_1(i)) \\ \text{Re}(S_2(i)) \\ \text{Re}(S_3(i)) \\ \text{Re}(S_4(i)) \\ \text{Im}(S_1(i)) \\ \text{Im}(S_2(i)) \\ \text{Im}(S_3(i)) \\ \text{Im}(S_4(i)) \end{bmatrix}$$

25 donde $S_1(i), S_2(i), S_3(i)$ y $S_4(i)$ son la pluralidad de símbolos modulados.

3. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la densidad de elementos de recursos usados para transmisión de señal de referencia en la tercera antena y la cuarta antena es la mitad de la densidad de elementos de recursos usados para transmisión de señal de referencia en la primera antena y la segunda antena.

4. Un aparato para transmitir datos, comprendiendo el aparato:

un modulador para modular datos a ser transmitidos en una pluralidad de símbolos modulados; y un transmisor para transmitir la pluralidad de símbolos modulados de acuerdo con una matriz de salida mediante una pluralidad de antenas a través de una pluralidad de subportadoras de frecuencia, en el que un primer símbolo y un segundo símbolo se transmiten mediante una primera antena a través de una primera subportadora de frecuencia y una segunda subportadora de frecuencia respectivamente, un tercer símbolo y un cuarto símbolo se transmiten mediante una segunda antena a través de una tercera subportadora de frecuencia y una cuarta subportadora de frecuencia respectivamente, una conjugada compleja inversa del segundo símbolo y una conjugada compleja del primer símbolo se transmiten mediante una tercera antena a través de la primera subportadora de frecuencia y la segunda subportadora de frecuencia respectivamente, y una conjugada compleja inversa del cuarto símbolo y una conjugada compleja del tercer símbolo se transmiten mediante una cuarta antena a través de la tercera subportadora de frecuencia y la cuarta subportadora de frecuencia respectivamente, y en el que la densidad de elementos de recursos usados para transmisión de señal de referencia en la tercera antena y la cuarta antena es inferior que la densidad de elementos de recursos usados para transmisión de señal de referencia en la primera antena y la segunda antena, en el que la matriz de salida **está caracterizada por**:

$$\begin{bmatrix} S_1 & S_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_3 & S_4 \\ -S_2^* & S_1^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -S_4^* & S_3^* \end{bmatrix}$$

donde S_1, S_2, S_3 y S_4 son la pluralidad de símbolos modulados a ser transmitidos mediante la pluralidad de antenas.

5. El aparato de acuerdo con la reivindicación 4, en el que cuando la pluralidad de símbolos modulados transmitidos a través de la pluralidad de subportadoras de frecuencia $4i, 4i+1, 4i+2$ y $4i+3$, la matriz de salida **está caracterizada de acuerdo con**:

$$\begin{bmatrix} y^{(0)}(4i) \\ y^{(1)}(4i) \\ y^{(2)}(4i) \\ y^{(3)}(4i) \\ y^{(0)}(4i+1) \\ y^{(1)}(4i+1) \\ y^{(2)}(4i+1) \\ y^{(3)}(4i+1) \\ y^{(0)}(4i+2) \\ y^{(1)}(4i+2) \\ y^{(2)}(4i+2) \\ y^{(3)}(4i+2) \\ y^{(0)}(4i+3) \\ y^{(1)}(4i+3) \\ y^{(2)}(4i+3) \\ y^{(3)}(4i+3) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -j & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & j \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & j \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{Re}(S_1(i)) \\ \text{Re}(S_2(i)) \\ \text{Re}(S_3(i)) \\ \text{Re}(S_4(i)) \\ \text{Im}(S_1(i)) \\ \text{Im}(S_2(i)) \\ \text{Im}(S_3(i)) \\ \text{Im}(S_4(i)) \end{bmatrix}$$

donde $S_1(i), S_2(i), S_3(i)$ y $S_4(i)$ son la pluralidad de símbolos modulados.

6. El aparato de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la densidad de elementos de recursos usados para transmisión de señal de referencia en la tercera antena y la cuarta antena es la mitad de la densidad de elementos de recursos usados para transmisión de señal de referencia en la primera antena y la segunda antena.

7. Un procedimiento de recepción de datos, comprendiendo el procedimiento:

recibir una pluralidad de símbolos transmitidos de acuerdo con una matriz de salida mediante una pluralidad de antenas a través de una pluralidad de subportadoras de frecuencia, demodular la pluralidad de símbolos; y

5 en el que un primer símbolo y un segundo símbolo se transmiten mediante una primera antena a través de una primera subportadora de frecuencia y una segunda subportadora de frecuencia respectivamente, un tercer símbolo y un cuarto símbolo se transmiten mediante una segunda antena a través de una tercera subportadora de frecuencia y una cuarta subportadora de frecuencia respectivamente, una conjugada compleja inversa del segundo símbolo y una conjugada compleja del primer símbolo se transmiten mediante una tercera antena a través de la primera subportadora de frecuencia y la segunda subportadora de frecuencia respectivamente, y una conjugada compleja inversa del cuarto símbolo y una conjugada compleja del tercer símbolo se transmiten mediante una cuarta antena a través de la tercera subportadora de frecuencia y la cuarta subportadora de frecuencia respectivamente, y

10 en el que la densidad de elementos de recursos usados para transmisión de señal de referencia en la tercera antena y la cuarta antena es inferior que la densidad de elementos de recursos usados para transmisión de señal de referencia en la primera antena y la segunda antena, y en el que el canal se estima basándose en tales señales de referencia,

15 en el que la matriz de salida **está caracterizada por:**

$$\begin{bmatrix} S_1 & S_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_3 & S_4 \\ -S_2^* & S_1^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -S_4^* & S_3^* \end{bmatrix}$$

20 donde S_1, S_2, S_3 y S_4 son la pluralidad de símbolos a ser transmitidos mediante la pluralidad de antenas.

8. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, en el que cuando la pluralidad de símbolos transmitidos a través de la pluralidad de subportadoras de frecuencia $4i, 4i+1, 4i+2$ y $4i+3$, la matriz de salida **está caracterizada de acuerdo con:**

$$\begin{bmatrix} y^{(0)}(4i) \\ y^{(1)}(4i) \\ y^{(2)}(4i) \\ y^{(3)}(4i) \\ y^{(0)}(4i+1) \\ y^{(1)}(4i+1) \\ y^{(2)}(4i+1) \\ y^{(3)}(4i+1) \\ y^{(0)}(4i+2) \\ y^{(1)}(4i+2) \\ y^{(2)}(4i+2) \\ y^{(3)}(4i+2) \\ y^{(0)}(4i+3) \\ y^{(1)}(4i+3) \\ y^{(2)}(4i+3) \\ y^{(3)}(4i+3) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -j & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & j \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & j \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{Re}(S_1(i)) \\ \text{Re}(S_2(i)) \\ \text{Re}(S_3(i)) \\ \text{Re}(S_4(i)) \\ \text{Im}(S_1(i)) \\ \text{Im}(S_2(i)) \\ \text{Im}(S_3(i)) \\ \text{Im}(S_4(i)) \end{bmatrix}$$

25 donde $S_1(i), S_2(i), S_3(i)$ y $S_4(i)$ son la pluralidad de símbolos.

9. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, en el que la densidad de elementos de recursos usados para transmisión de señal de referencia en la tercera antena y la cuarta antena es la mitad de la densidad de elementos de recursos usados para transmisión de señal de referencia en la primera antena y la segunda antena.

10. Un aparato para recibir datos, comprendiendo el aparato:

un receptor para recibir una pluralidad de símbolos transmitidos de acuerdo con una matriz de salida mediante una pluralidad de antenas a través de una pluralidad de subportadoras de frecuencia, un demodulador para demodular la pluralidad de símbolos; y

5 en el que un primer símbolo y un segundo símbolo se transmiten mediante una primera antena a través de una primera subportadora de frecuencia y una segunda subportadora de frecuencia respectivamente, un tercer símbolo y un cuarto símbolo se transmiten mediante una segunda antena a través de una tercera subportadora de frecuencia y una cuarta subportadora de frecuencia respectivamente, una conjugada compleja inversa del segundo símbolo y una conjugada compleja del primer símbolo se transmiten mediante una tercera antena a través de la primera subportadora de frecuencia y la segunda subportadora de frecuencia respectivamente, y una conjugada compleja inversa del cuarto símbolo y una conjugada compleja del tercer símbolo se transmiten mediante una cuarta antena a través de la tercera subportadora de frecuencia y la cuarta subportadora de frecuencia respectivamente, y

10 en el que la densidad de elementos de recursos usados para transmisión de señal de referencia en la tercera antena y la cuarta antena es inferior que la densidad de elementos de recursos usados para transmisión de señal de referencia en la primera antena y la segunda antena,

15 y el receptor comprende adicionalmente medios para realizar estimación de canal basándose en tales señales de referencia, en el que la matriz de salida **está caracterizada por**:

$$\begin{bmatrix} S_1 & S_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_3 & S_4 \\ -S_2^* & S_1^* & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -S_4^* & S_3^* \end{bmatrix}$$

20 donde S_1, S_2, S_3 y S_4 son la pluralidad de símbolos a ser transmitidos mediante la pluralidad de antenas.

11. El aparato de acuerdo con la reivindicación 10, en el que cuando la pluralidad de símbolos transmitidos a través de la pluralidad de subportadoras de frecuencia $4i, 4i+1, 4i+2$ y $4i+3$, la matriz de salida **está caracterizada de acuerdo con**:

$$\begin{bmatrix} y^{(0)}(4i) \\ y^{(1)}(4i) \\ y^{(2)}(4i) \\ y^{(3)}(4i) \\ y^{(0)}(4i+1) \\ y^{(1)}(4i+1) \\ y^{(2)}(4i+1) \\ y^{(3)}(4i+1) \\ y^{(0)}(4i+2) \\ y^{(1)}(4i+2) \\ y^{(2)}(4i+2) \\ y^{(3)}(4i+2) \\ y^{(0)}(4i+3) \\ y^{(1)}(4i+3) \\ y^{(2)}(4i+3) \\ y^{(3)}(4i+3) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -j & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & j \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & j \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{Re}(S_1(i)) \\ \text{Re}(S_2(i)) \\ \text{Re}(S_3(i)) \\ \text{Re}(S_4(i)) \\ \text{Im}(S_1(i)) \\ \text{Im}(S_2(i)) \\ \text{Im}(S_3(i)) \\ \text{Im}(S_4(i)) \end{bmatrix}$$

25 donde $S_1(i), S_2(i), S_3(i)$ y $S_4(i)$ son la pluralidad de símbolos.

12. El aparato de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la densidad de elementos de recursos usados para transmisión de señal de referencia en la tercera antena y la cuarta antena es la mitad de la densidad de elementos de recursos usados para transmisión de señal de referencia en la primera antena y la segunda antena.

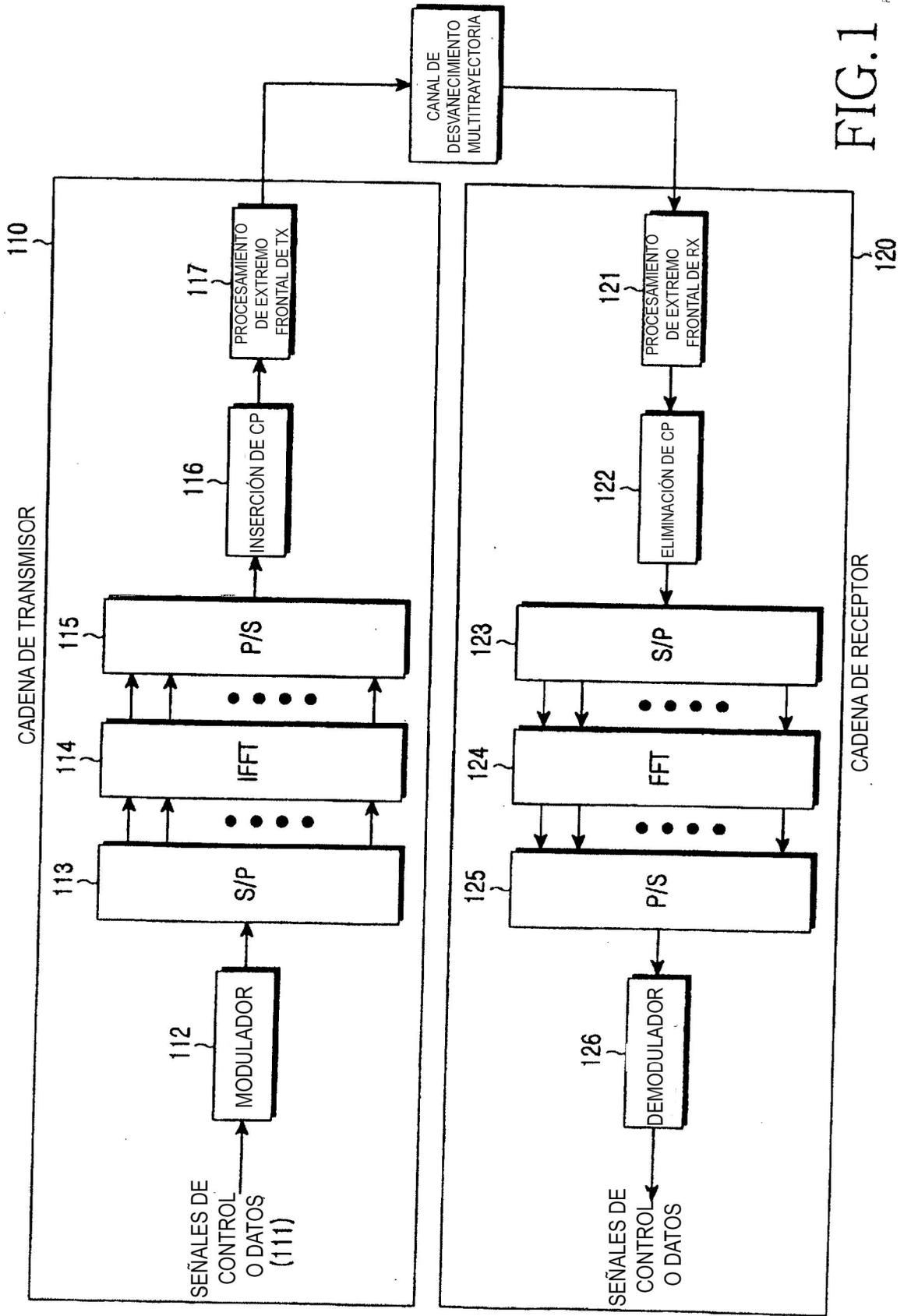


FIG.1

| | t1 | t2 |
|-------|-------|----------|
| ANT 1 | S_1 | $-S_2^*$ |
| ANT 2 | S_2 | S_1^* |

FIG.2

| | f1 | f2 |
|-------|-------|----------|
| ANT 1 | S_1 | $-S_2^*$ |
| ANT 2 | S_2 | S_1^* |

FIG.3

| | f1 | f2 |
|-------|----------|---------|
| ANT 1 | S_1 | S_2 |
| ANT 2 | $-S_2^*$ | S_1^* |

FIG.4

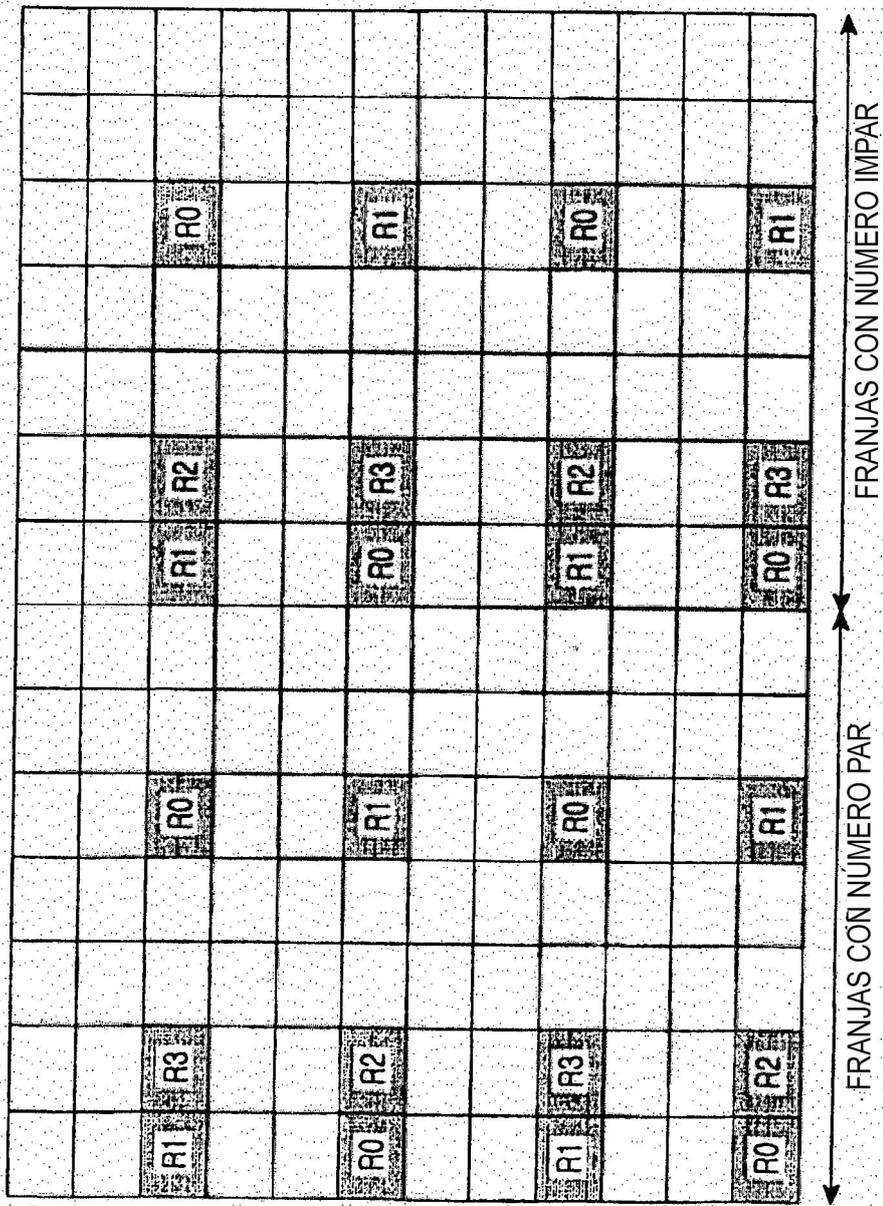


FIG.5

| | t1 | t2 | t3 | t4 |
|-------|----------|---------|----------|---------|
| ANT 1 | S_1 | S_2 | S_1 | S_2 |
| ANT 2 | $-S_2^*$ | S_1^* | $-S_2^*$ | S_1^* |
| ANT 3 | S_3 | S_4 | S_3 | S_4 |
| ANT 4 | $-S_4^*$ | S_3^* | $-S_4^*$ | S_3^* |

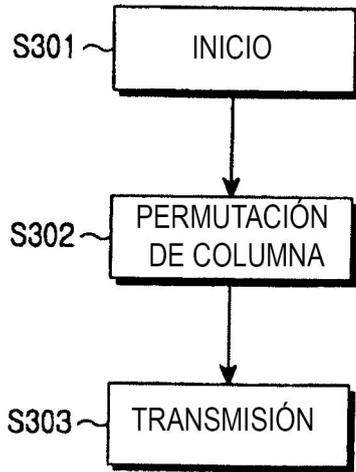
FIG.6

| | t1 | t2 | t3 | t4 |
|-------|----------|---------|----------|---------|
| ANT 1 | S_1 | S_2 | S_1 | S_2 |
| ANT 2 | S_3 | S_4 | S_3 | S_4 |
| ANT 3 | $-S_2^*$ | S_1^* | $-S_2^*$ | S_1^* |
| ANT 4 | $-S_4^*$ | S_3^* | $-S_4^*$ | S_3^* |

FIG.7

| | t1 | t2 | t3 | t4 |
|-------|----------|---------|----------|---------|
| ANT 1 | S_1 | S_2 | 0 | 0 |
| ANT 2 | 0 | 0 | S_3 | S_4 |
| ANT 3 | $-S_2^*$ | S_1^* | 0 | 0 |
| ANT 4 | 0 | 0 | $-S_4^*$ | S_3^* |

FIG.8



$$T_5 = \begin{bmatrix} S_1 & S_2 & S_1 & S_2 \\ -S_2^* & S_1^* & -S_2^* & S_1^* \\ -S_3 & -S_4 & S_3 & S_4 \\ S_4^* & -S_3^* & -S_4^* & S_3^* \end{bmatrix}$$



$$T_P = \begin{bmatrix} S_1 & S_1 & S_2 & S_2 \\ -S_2^* & -S_2^* & S_1^* & S_1^* \\ -S_3 & S_3 & -S_4 & S_4 \\ S_4^* & -S_4^* & -S_3^* & S_3^* \end{bmatrix}$$

FIG.9

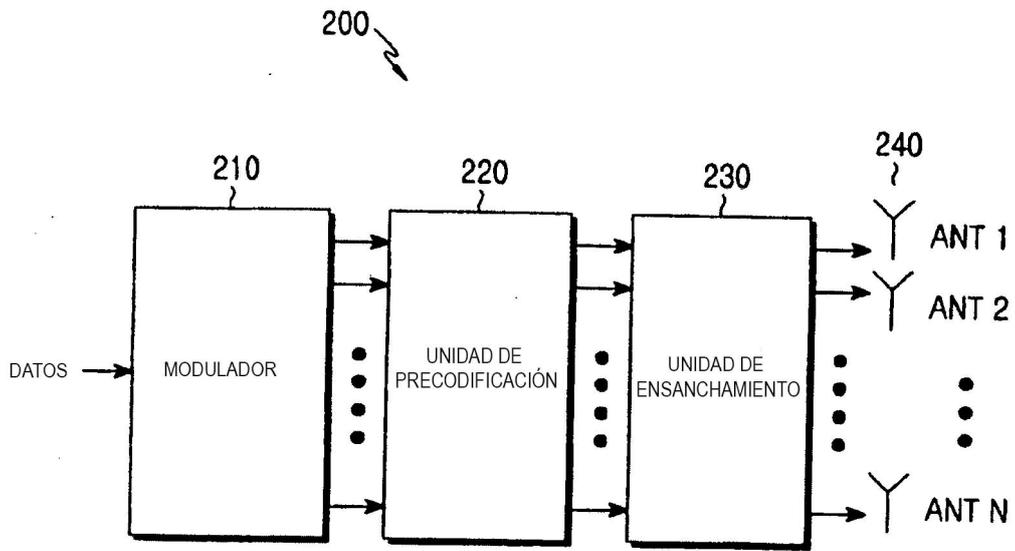


FIG.10