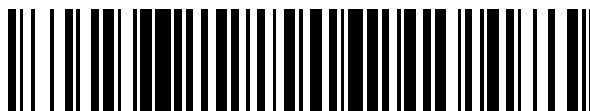


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 720 173**

51 Int. Cl.:

**H04L 1/00** (2006.01)  
**H04L 1/06** (2006.01)  
**H04B 7/06** (2006.01)  
**H04B 7/08** (2006.01)  
**H04L 27/26** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.01.2007 E 16165127 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.09.2018 EP 3059890**

54 Título: **Método y aparato para implementar el procesamiento espacio temporal con esquemas de modulación y codificación desiguales**

30 Prioridad:

**11.01.2006 US 758034 P**

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

**18.07.2019**

73 Titular/es:

**INTERDIGITAL TECHNOLOGY CORPORATION  
(100.0%)  
200 Bellevue Parkway, Suite 300  
Wilmington, DE 19809, US**

72 Inventor/es:

**OLESEN, ROBERT L.;  
ZEIRA, ELDAD;  
VOLTZ, PETER J.;  
YANG, YONGWEN;  
DAI, QINGYUAN;  
KOO, CHANG-SOO;  
LU, I-TAI y  
 TSAI, KUNJUN**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 720 173 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Método y aparato para implementar el procesamiento espacio temporal con esquemas de modulación y codificación desiguales

### CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a sistemas de comunicación inalámbrica. Más particularmente, la presente invención se refiere a un método y aparato para implementar el procesamiento espacial con esquemas de modulación y codificación (MCS) desiguales.

### ANTECEDENTES

El grupo de propuesta conjunta IEEE 802.11n actualmente propone utilizar un esquema de código de bloque espacio temporal (STBC) y multiplexación por división espacial (SDM) híbrido para la siguiente generación de redes inalámbricas de alto rendimiento. Este esquema de STBC/SDM híbrido da como resultado una calidad de servicio desequilibrada para los flujos de datos que se traduce en inferior relación señal a ruido (SNR) residual en la salida de un receptor. En sistemas convencionales, se aplican MCS iguales a todos los flujos espaciales. Sin embargo, esto da como resultado una pérdida de los beneficios de la ganancia de diversidad para el flujo espacial portado por la precodificación de STBC.

Por lo tanto, sería deseable proporcionar un método y aparato para aplicar MCS desiguales o MCS dependientes del flujo mientras se realiza procesamiento espacial, tal como STBC.

El documento US-2004/0196919-A1 describe un método MIMO para transmitir un flujo de símbolos de datos. Los símbolos se proporcionan a un conmutador/demultiplexor combinado, que selecciona un subconjunto de subgrupos de antenas como activos. El demultiplexor divide los flujos de datos en subflujos, que se alimentan a dichos subgrupos de antenas. Cada subflujo se modula y codifica de forma adaptativa a una máxima velocidad de datos. Se aplica codificación con diversidad de transmisión espacio temporal, STTD, para generar múltiples flujos de salida, uno para cada antena de los subgrupos.

El documento US-2004/0202257-A1 describe un método de transmisión para transmitir un flujo de entrada de símbolos de datos. El flujo de entrada se demultiplexa en subflujos. Cada uno de los subflujos se modula y codifica de forma adaptativa a un subflujo codificado según las condiciones de canal. Un primero de los subflujos codificados se codifica con diversidad de transmisión espacio temporal en dos subflujos codificados con diversidad de transmisión espacio temporal. Hay un subflujo codificado con diversidad de transmisión espacio temporal para cada una de las dos antenas de transmisión. Cada uno de los otros subflujos codificados se transmite directamente mediante una de las antenas de transmisión restantes correspondiente.

### COMPENDIO

La presente invención se refiere a un método y aparato para implementar el procesamiento espacial con MCS desiguales o MCS dependientes del flujo. Los datos de entrada se pueden analizar en una pluralidad de flujos espaciales, y se realiza procesamiento espacial sobre los flujos espaciales para generar una pluralidad de flujos espacio temporales. Se selecciona de forma independiente un MCS para cada flujo espacial. Los flujos espacio temporales se transmiten después a través de múltiples antenas de transmisión. Se puede realizar sobre los flujos espaciales al menos una de las técnicas de STBC, codificación de bloque de frecuencia espacial (SFBC), codificación de Alamouti casi ortogonal, codificación de bloque espacio temporal de tiempo invertido, procesamiento espacial lineal y diversidad de retardo cíclico (CDD). Se puede aplicar después una matriz de mapeo de antena a los flujos espacio temporales. Los flujos espacio temporales resultantes se transmiten después a través de múltiples antenas de transmisión. Se puede determinar el MCS para cada flujo espacial en base a una SNR de cada flujo espacial. La invención se describe en las reivindicaciones independientes, se pueden encontrar realizaciones adicionales en las reivindicaciones dependientes.

### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Se puede tener una comprensión más detallada de la invención a partir de la siguiente descripción de una realización preferida, dada a modo de ejemplo y para ser comprendida en conjunto con los dibujos adjuntos en donde:

La Figura 1 es un diagrama de bloques de un transmisor configurado de acuerdo con la presente invención;

La Figura 2 es un diagrama de bloques de un receptor configurado de acuerdo con la presente invención;

La Figura 3 es un diagrama de bloques de una unidad de procesamiento espacial ejemplar configurada para realizar STBC y/o mapeo espacial lineal; y

Las Figuras 4 y 5 muestran resultados de simulación para los canales E y B de IEEE 802.11n que utilizan configuración de antena de 3x2 y un receptor de error cuadrático medio mínimo lineal (LMMSE).

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

De acuerdo con la presente invención, los MCS desiguales o MCS dependientes del flujo se aplican a diferentes flujos espaciales. La presente invención se puede aplicar en un sistema de multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) de múltiple entrada múltiple salida (MIMO), un sistema de acceso múltiple por división de código multiportadora (MC-CDMA), un sistema CDMA, o similares. Los MCS desiguales se aplican en diferentes flujos de datos para aprovechar las SNR desiguales para diferentes flujos de datos. Según la invención reivindicada, se aplica un MCS de orden superior a un flujo espacial que tiene codificación con diversidad y un MCS de orden inferior a un flujo espacial que no tiene codificación con diversidad para reducir la interferencia autoinducida total. Con MCS desiguales, o MCS dependientes del flujo, se puede utilizar un algoritmo de recepción más simple, (p.ej., un error cuadrático medio mínimo lineal (LMMSE)), debido a la interferencia autoinducida reducida.

La Figura 1 es un diagrama de bloques de un transmisor 100 configurado de acuerdo con la presente invención. El transmisor 100 incluye un codificador 102 de canal, una unidad 104 de adaptación de velocidad, un analizador espacial 106, una pluralidad de entrelazadores 108a-108n<sub>ss</sub>, una pluralidad de mapeadores 110a, 110n<sub>ss</sub> de constelaciones, una pluralidad de multiplexores 116a-116n<sub>ss</sub>, una unidad 120 de procesamiento espacial, una pluralidad de unidades 122a-122n<sub>tx</sub> de transformada rápida de Fourier inversa (IFFT), una pluralidad de unidades 124a-124n<sub>tx</sub> de inserción de prefijo cíclico (CP) y una pluralidad de antenas de transmisión 126a-126n<sub>tx</sub>. Debe señalarse que la configuración mostrada en la Figura 1 se proporciona como un ejemplo, no como una limitación, y el procesamiento realizado por los componentes puede ser implementado por más o menos componentes y se puede cambiar el orden de procesamiento.

El codificador 102 de canal codifica los datos de entrada 101. Se utiliza modulación y codificación adaptativa (AMC) y se puede utilizar cualquier velocidad de codificación y cualquier esquema de codificación. Por ejemplo, la velocidad de codificación puede ser de 1/2, 1/3, 1/5, 3/4, o similares. El esquema de codificación puede ser codificación Turbo, codificación convolucional, codificación de bloque, codificación de comprobación de paridad de baja densidad (LDPC), o similares. Los datos codificados 103 pueden ser pinchados por la unidad 104 de adaptación de velocidad.

Los datos codificados después de la adaptación de velocidad 105 son analizados en una pluralidad de (N<sub>ss</sub>) flujos espaciales 107a-107n<sub>ss</sub> por el analizador espacial 106. Los bits de datos en cada flujo de datos 107a-107n<sub>ss</sub> son preferiblemente entrelazados por el entrelazador 108a-108n<sub>ss</sub>. Los bits de datos después del entrelazado 109a-109n<sub>ss</sub> son mapeados después a los símbolos 111a-111n<sub>ss</sub> por los mapeadores 110a-110n<sub>ss</sub> de constelaciones de acuerdo con un esquema de modulación seleccionado. El esquema de modulación puede ser modulación por desplazamiento de fase en Cuadratura (QPSK), 8PSK, 16 modulación de amplitud en Cuadratura (QAM), 64 QAM, o similares. Los datos de control 112a-112n<sub>ss</sub> y/o las señales piloto 114a-114n<sub>ss</sub> son multiplexados con los símbolos 111a-111n<sub>ss</sub> por el multiplexor 116a-116n<sub>ss</sub>. Los símbolos 117a-117n<sub>ss</sub> (incluyendo los datos de control 112a-112n<sub>ss</sub> multiplexados y/o las señales piloto 114a-114n<sub>ss</sub>) son procesados por la unidad 120 de procesamiento espacial.

Alternativamente, los datos de entrada 101 se pueden dividir antes de la codificación de canal y los múltiples datos de entrada divididos pueden ser codificados por dos o más codificadores separados. Alternativamente, en lugar de, o además de, analizar un flujo de datos en múltiples flujos de datos, se pueden procesar varios flujos de datos de entrada que pueden pertenecer a uno o más usuarios para ser transmitidos a través de varios flujos espaciales.

La unidad 120 de procesamiento espacial realiza el procesamiento espacial de forma selectiva sobre los símbolos 117a-117n<sub>ss</sub> en base a la información 118 de estado de canal y emite N<sub>TX</sub> flujos de datos 121a-121n<sub>tx</sub>. El procesamiento espacial puede ser codificación

espacio temporal (STC), multiplexación espacial (SM), mapeo espacial lineal, o formación de haces de transmisión. Para STC, se puede utilizar cualquier forma de STC incluyendo STBC, SFBC, Alamouti casi ortogonal para cuatro (4) antenas de transmisión, STBC de tiempo invertido (TR-STBC), CDD, o similares.

La información 118 de estado de canal puede ser al menos una de una matriz  $V$  para cada subportadora, una SNR, un rango de la matriz de canal, un número de condición de canal, dispersión de retardo, o estadísticas de canal a corto y/o largo plazo. La matriz  $V$  es una matriz unitaria obtenida de la descomposición en valores singulares (SVD) de la matriz de canal estimada. El número de condición de canal está relacionado con el rango de la matriz de canal. Todo canal mal acondicionado puede ser de rango deficiente. Un canal de rango bajo, o mal acondicionado presentaría mejor robustez utilizando un esquema de diversidad tal como STBC dado que el canal no tendría suficiente grado de libertad para soportar SM con formación de haces de transmisión. Un canal de rango alto soportaría velocidades de datos superiores utilizando SM con formación de haces de transmisión. La información 118 de estado de canal se puede obtener utilizando técnicas convencionales, tal como retroalimentación de canal directa (DCFB).

Los flujos de datos 121a-121 $n_{tx}$  de la unidad 120 de procesamiento espacial son procesados por las unidades 122a-122 $n_{tx}$  de IFFT que emiten datos 123a-123 $n_{tx}$  del dominio de tiempo. La unidad 124a-124 $n_{tx}$  de inserción de CP añade un CP a cada uno de los datos 123a-123 $n_{tx}$  del dominio de tiempo. Los datos del dominio de tiempo con CP 125a-125 $n_{tx}$  se transmiten después a través de las antenas de transmisión 126a-126 $n_{tx}$ .

La Figura 2 es un diagrama de bloques de un receptor 200 configurado de acuerdo con la presente invención. El receptor 200 comprende una pluralidad de antenas de recepción 202a-202 $n_{rx}$ , un estimador 204 de canal, un estimador 206 de ruido, una calculadora 208 de matriz de correlación del canal, una calculadora 210 de constantes de la norma SNR, una pluralidad de unidades 212a-212 $n_{rx}$  de procesamiento OFDM, un decodificador espacial 214, una pluralidad de desmapeadores 216a-216 $n_{ss}$  de constelaciones, una pluralidad de unidades 218a-218 $n_{ss}$  de normalización de SNR, una pluralidad de desentrelazadores 220a-220 $n_{ss}$ , un desanalizador espacial 222 y un decodificador 224. Debe señalarse que la configuración mostrada en la Figura 2 se proporciona como un ejemplo, no como una limitación, y el procesamiento realizado por los componentes puede ser implementado por más o menos componentes y se puede cambiar el orden de procesamiento.

Una pluralidad de flujos de datos 203-203 $n_{rx}$  recibidos se introducen en el estimador 204 de canal, el estimador 206 de ruido y las unidades 212a-212 $n_{rx}$  de procesamiento OFDM. El estimador 204 de canal realiza estimación de canal para generar una matriz 205 de canal utilizando un método convencional. El estimador 206 de ruido calcula una varianza 207 de ruido. La calculadora 208 de matriz de correlación del canal genera una matriz 209 de correlación a partir de la matriz 205 de canal, lo que se explicará en detalle más adelante. La calculadora 210 de constantes de la norma SNR calcula las constantes 211a-211 $n_{ss}$  de la norma SNR a partir de la matriz 209 de correlación y la varianza 207 de ruido, lo que se explicará en detalle más adelante.

Cada una de las unidades 212a-212 $n_{rx}$  de procesamiento OFDM elimina un CP de cada flujo de datos 203a-203 $n_{rx}$  recibido y realiza una transformada rápida de Fourier (FFT) para emitir los datos 213a-213 $n_{rx}$  del dominio de frecuencia. Las salidas 213a-213 $n_{rx}$  de las unidades 212a-212 $n_{rx}$  de procesamiento OFDM son procesadas por el decodificador espacial 214. El decodificador espacial 214 puede ser un decodificador de error cuadrático medio mínimo (MMSE), un decodificador de cancelación de interferencia sucesiva (SIC) de MMSE o un decodificador de máxima verosimilitud (ML).

Después de la decodificación espacial, los datos decodificados 215a-215 $n_{ss}$  son procesados por los desmapeadores 216a-216 $n_{ss}$  de constelaciones para generar flujos de bits 217a-217 $n_{ss}$ . Los flujos de bits 217a-217 $n_{ss}$  son normalizados por las unidades 218a-218 $n_{ss}$  de normalización de SNR en base a las constantes 211a-211 $n_{ss}$  de la norma SNR. Los flujos de bits 219a-219 $n_{ss}$  normalizados son procesados después por los desentrelazadores 220a-220 $n_{ss}$ . Los bits 221a-221 $n_{ss}$  desentrelazados son combinados en un flujo de bits 223 por el desanalizador espacial 222. El flujo de bits 223 es procesado después por el decodificador 224 para recuperar los datos de entrada 225.

A continuación, se explicará con referencia a STBC el procesamiento espacial en el transmisor 100 y el receptor 200 como un ejemplo representativo. Se utilizarán las siguientes definiciones:

- 5  $N_{TX}$ : el número de antenas de transmisión;
- $N_{SS}$ : el número de flujos espaciales;
- $N_{STS}$ : el número de flujos después de STBC;
- $d_{k,n}$ : un vector de datos en el tiempo de símbolo  $n$ ;
- $s_{k,n}$ : un vector después de STBC en el tiempo de símbolo  $n$ ;
- 10  $x_{k,n}$ : un vector después de la matriz  $P$  en la Figura 3 en el tiempo de símbolo  $n$ ; y
- $y_{k,n}$ : un vector recibido en el tiempo de símbolo  $n$ .

La Figura 3 es un diagrama de bloques de una unidad 120 de procesamiento espacial ejemplar configurada para realizar STBC y/o mapeo espacial lineal. La unidad 120 de procesamiento espacial puede incluir una unidad 302 de STBC, una unidad 304 de CDD y una unidad 306 de mapeo de antena. Cada uno de los símbolos 117a-117n<sub>ss</sub> es un flujo de números complejos. Un símbolo complejo transmitido en un flujo espacial  $i$  de una subportadora  $k$  de un símbolo  $n$  de OFDM se denota por  $d_{k,i,n}$ . La unidad 302 de STBC procesa dos símbolos de OFDM secuenciales en cada subportadora. Los símbolos de salida de la unidad 302 de STBC en un flujo espacio temporal  $i_{STS}$  de salida en una subportadora  $k$  en los símbolos de OFDM  $2m$  y  $2m+1$  vienen dados por:

$$\begin{aligned}
 s_{k,i_{STS},2m} &= f_{0,i_{STS}} \left( d_{k,i_{SS},2m}, d_{k,i_{SS},2m+1} \right) \\
 s_{k,i_{STS},2m+1} &= f_{1,i_{STS}} \left( d_{k,i_{SS},2m}, d_{k,i_{SS},2m+1} \right),
 \end{aligned}$$

Ecuación (1)

30 donde  $f_{0,i_{STS}}$  y  $f_{1,i_{STS}}$  se definen en la Tabla 1.

Tabla 1

| $N_{STS}$ | $N_{SS}$ | $i_{STS}$ | $f_{0,i_{STS}}$   | $f_{1,i_{STS}}$ |
|-----------|----------|-----------|-------------------|-----------------|
| 2         | 1        | 1         | $d_{k,1,2m}$      | $d_{k,1,2m+1}$  |
|           |          | 2         | $-d_{k,1,2m+1}^*$ | $d_{k,1,2m}^*$  |
| 3         | 2        | 1         | $d_{k,1,2m}$      | $d_{k,1,2m+1}$  |
|           |          | 2         | $-d_{k,1,2m+1}^*$ | $d_{k,1,2m}^*$  |
|           |          | 3         | $d_{k,2,2m}$      | $d_{k,2,2m+1}$  |
| 4         | 2        | 1         | $d_{k,1,2m}$      | $d_{k,1,2m+1}$  |
|           |          | 2         | $-d_{k,1,2m+1}^*$ | $d_{k,1,2m}^*$  |
|           |          | 3         | $d_{k,2,2m}$      | $d_{k,2,2m+1}$  |
|           |          | 4         | $-d_{k,2,2m+1}^*$ | $d_{k,2,2m}^*$  |
|           | 3        | 1         | $d_{k,1,2m}$      | $d_{k,1,2m+1}$  |
|           |          | 2         | $-d_{k,1,2m+1}^*$ | $d_{k,1,2m}^*$  |
|           |          | 3         | $d_{k,2,2m}$      | $d_{k,2,2m+1}$  |
|           |          | 4         | $d_{k,3,2m}$      | $d_{k,3,2m+1}$  |

El procesamiento espacial lineal puede ser realizado por la unidad 304 de CDD y la unidad 306 de mapeo de antena sobre los símbolos de salida de la unidad 302 de STBC. Si no se realiza STBC,  $s_{k,i,n} = d_{k,i,n}$  y  $N_{STS}=N_{SS}$ . El procesamiento espacial lineal se define como una secuencia de rotaciones del vector de símbolos que ha de ser transmitida en una subportadora dada. El procesamiento por la unidad 304 de CDD y la unidad 306 de mapeo de antena se expresan como sigue:

$$\mathbf{x}_{k,n} = \left[ \mathbf{P}_{\text{map}}(k) \right]_{N_{STS}} \mathbf{C}_{\text{CDD}}(k) \mathbf{s}_{k,n},$$

Ecuación (2)

donde  $\mathbf{s}_{k,n} = [s_{k,1,n} \cdots s_{k,N_{STS},n}]^T$  es un vector de  $N_{STS}$  de símbolos de modulación a ser transmitido en una subportadora  $k$  de un símbolo  $n$  de OFDM.  $\mathbf{C}_{\text{CDD}}(k)$  es una matriz de retardo cíclico diagonal de  $N_{SS} \times N_{SS}$  que representa el retardo cíclico en el dominio de frecuencia. Los valores de la diagonal vienen dados por  $[\mathbf{C}_{\text{CDD}}(k)]_{i,i} = \exp(-j2\pi k \Delta F \tau_{i,cs})$ .  $[\mathbf{P}_{\text{map}}(k)]_{N_{STS}}$  es una matriz de  $N_{TX} \times N_{STS}$  que comprende las primeras  $N_{STS}$  columnas de la matriz  $\mathbf{P}_{\text{map}}(k)$  de mapeo de antena unitaria de  $N_{TX} \times N_{TX}$ . Ésta puede ser una matriz identidad para la operación de mapeo directo, una matriz de mapeo para la operación de dispersión espacial, o una matriz de dirección específica del canal tal como un conjunto de vectores propios del canal.  $\mathbf{x}_{k,n}$  es un vector de  $N_{TX}$  de símbolos transmitidos en una subportadora  $k$  de un símbolo  $n$  de OFDM.

Una matriz  $H_{eff}$  de canal es un canal efectivo visto por el vector  $s_{k,n}$  de modo que:

$$y_{k,n} = H_{eff} s_{k,n} + n_{k,n} . \quad \text{Ecuación (3)}$$

En el receptor,  $y_{k,2m}$  y  $y_{k,2m+1}^*$  se combinan en un único vector como sigue:

$$y_k = \begin{bmatrix} y_{k,2m} \\ y_{k,2m+1}^* \end{bmatrix} .$$

Ecuación (4)

Utilizando las ecuaciones (3) y (4),

$$y_k = \begin{bmatrix} H_{eff} s_{k,2m} \\ H_{eff}^* s_{k,2m+1}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_{k,2m} \\ n_{k,2m+1}^* \end{bmatrix} .$$

Ecuación (5)

En los vectores  $s_{k,2m}$  y  $s_{k,2m+1}^*$ , cualquier valor de datos que aparezca en cualquiera de ellos aparecerá conjugado en ambos o no conjugado en ambos. Esto permite escribir la Ecuación (5) como una forma matricial simple, como se ilustra mediante el siguiente ejemplo específico.

Considérese el caso de  $N_{tx} = 3$  y  $N_{ss} = 2$  (es decir, dos (2) flujos espaciales son generados a partir de los datos de entrada por el analizador espacial 106 y tres flujos de datos son generados a partir de la unidad 120 de procesamiento espacial en el transmisor 100). Uno de los tres flujos de datos es creado a partir de la réplica modificada de un flujo de datos del analizador espacial 106 para la diversidad de transmisión como se muestra a continuación.

A partir de la Tabla 1, para el caso de  $N_{tx} = 3$  y  $N_{ss} = 2$ , se puede ver lo siguiente:

5

$$s_{k,1,2m} = d_{k,1,2m};$$

$$s_{k,2,2m} = -d_{k,1,2m+1}^*;$$

y

15

$$s_{k,3,2m} = d_{k,2,2m}.$$

de modo que

20

$$s_{k,2m} = \begin{bmatrix} d_{k,1,2m} \\ -d_{k,1,2m+1}^* \\ d_{k,2,2m} \end{bmatrix}.$$

Ecuación (6)

30

También,

35

$$s_{k,1,2m+1} = d_{k,1,2m+1};$$

$$s_{k,2,2m+1} = d_{k,1,2m}^*;$$

y

45

$$s_{k,3,2m+1} = d_{k,2,2m+1}.$$

de modo que

55

$$s_{k,2m+1} = \begin{bmatrix} d_{k,1,2m+1} \\ d_{k,1,2m}^* \\ d_{k,2,2m+1} \end{bmatrix};$$

Ecuación (7)

60

y

$$\mathbf{s}_{k,2m+1}^* = \begin{bmatrix} d_{k,1,2m+1}^* \\ d_{k,1,2m} \\ d_{k,2,2m+1}^* \end{bmatrix}.$$

Ecuación (8)

Utilizando las Ecuaciones (6) y (8), la Ecuación (5) se puede reescribir como una ecuación matricial estándar que implica los cuatro valores de datos  $d_{k,1,2m}$ ,  $d_{k,1,2m+1}^*$ ,  $d_{k,2,2m}$ ,  $d_{k,2,2m+1}^*$  como sigue (los asteriscos significan conjugación, no conjugación Hermitiana).

$$\mathbf{y}_k = \begin{bmatrix} H_{eff}(:,1) & -H_{eff}(:,2) & H_{eff}(:,3) & \mathbf{0} \\ H_{eff}^*(:,2) & H_{eff}^*(:,1) & \mathbf{0} & H_{eff}^*(:,3) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_{k,1,2m} \\ d_{k,1,2m+1}^* \\ d_{k,2,2m} \\ d_{k,2,2m+1}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{n}_{k,2m} \\ \mathbf{n}_{k,2m+1}^* \end{bmatrix}.$$

Ecuación (9)

Esto está ahora en una forma MIMO estándar, pero con una matriz de canal que es un compuesto de las diversas columnas de  $H_{eff}$ . El receptor 200 demodula el vector de datos  $\mathbf{d}$ :

$$\mathbf{d} = \begin{bmatrix} d_{k,1,2m} \\ d_{k,1,2m+1}^* \\ d_{k,2,2m} \\ d_{k,2,2m+1}^* \end{bmatrix}.$$

Ecuación (10)

Se puede utilizar un demodulador de MMSE para el vector de datos en la Ecuación (10). Supóngase que la matriz de canal en la Ecuación (9) se denota como sigue:

$$\tilde{\mathbf{H}} = \begin{bmatrix} H_{eff}(:,1) & -H_{eff}(:,2) & H_{eff}(:,3) & \mathbf{0} \\ H_{eff}^*(:,2) & H_{eff}^*(:,1) & \mathbf{0} & H_{eff}^*(:,3) \end{bmatrix}.$$

Ecuación (11)

Una solución de MMSE es como sigue (descartando el índice  $k$  y utilizando el símbolo "+" para la conjugación Hermitiana):

$$\hat{d} = \left( \frac{1}{\sigma_d^2} \mathbf{I} + \frac{1}{\sigma_n^2} \tilde{\mathbf{H}}^+ \tilde{\mathbf{H}} \right)^{-1} \tilde{\mathbf{H}}^+ \frac{1}{\sigma_n^2} \mathbf{y} ;$$

Ecuación (12)

o, de forma equivalente,

$$\hat{d} = \left( \frac{\sigma_n^2}{\sigma_d^2} \mathbf{I} + \tilde{\mathbf{H}}^+ \tilde{\mathbf{H}} \right)^{-1} \tilde{\mathbf{H}}^+ \mathbf{y} .$$

Ecuación (13)

La Ecuación (9) se puede escribir como sigue:

$$\mathbf{y} = \tilde{\mathbf{H}} \mathbf{d} + \mathbf{n} .$$

Ecuación (14)

Sustituyendo la Ecuación (14) en la Ecuación (12) se obtiene:

$$\hat{d} = \left( \frac{\sigma_n^2}{\sigma_d^2} \mathbf{I} + \tilde{\mathbf{H}}^+ \tilde{\mathbf{H}} \right)^{-1} \tilde{\mathbf{H}}^+ \tilde{\mathbf{H}} \mathbf{d} + \left( \frac{\sigma_n^2}{\sigma_d^2} \mathbf{I} + \tilde{\mathbf{H}}^+ \tilde{\mathbf{H}} \right)^{-1} \tilde{\mathbf{H}}^+ \mathbf{n} .$$

Ecuación (15)

Utilizando la Ecuación (11), la matriz de correlación  $\tilde{\mathbf{H}}^+ \tilde{\mathbf{H}}$  queda como sigue:

$$\tilde{\mathbf{H}}^+ \tilde{\mathbf{H}} = \begin{bmatrix} \mathbf{H}_{eff}^+(:,1) & \mathbf{H}_{eff}^T(:,2) \\ -\mathbf{H}_{eff}^+(:,2) & \mathbf{H}_{eff}^T(:,1) \\ \mathbf{H}_{eff}^+(:,3) & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{H}_{eff}^T(:,3) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{H}_{eff}(:,1) & -\mathbf{H}_{eff}(:,2) & \mathbf{H}_{eff}(:,3) & \mathbf{0} \\ \mathbf{H}_{eff}^*(:,2) & \mathbf{H}_{eff}^*(:,1) & \mathbf{0} & \mathbf{H}_{eff}^*(:,3) \end{bmatrix}$$

$$\tilde{\mathbf{H}}^+ \tilde{\mathbf{H}} = \begin{bmatrix} \|\mathbf{H}_{eff}(:,1)\|^2 + \|\mathbf{H}_{eff}(:,2)\|^2 & \mathbf{0} & \mathbf{H}_{eff}^+(:,1)\mathbf{H}_{eff}(:,3) & \mathbf{H}_{eff}^+(:,3)\mathbf{H}_{eff}(:,2) \\ \mathbf{0} & \|\mathbf{H}_{eff}(:,1)\|^2 + \|\mathbf{H}_{eff}(:,2)\|^2 & -\mathbf{H}_{eff}^+(:,2)\mathbf{H}_{eff}(:,3) & \mathbf{H}_{eff}^+(:,3)\mathbf{H}_{eff}(:,1) \\ \mathbf{H}_{eff}^+(:,3)\mathbf{H}_{eff}(:,1) & -\mathbf{H}_{eff}^+(:,3)\mathbf{H}_{eff}(:,2) & \|\mathbf{H}_{eff}(:,3)\|^2 & \mathbf{0} \\ \mathbf{H}_{eff}^+(:,2)\mathbf{H}_{eff}(:,3) & \mathbf{H}_{eff}^+(:,1)\mathbf{H}_{eff}(:,3) & \mathbf{0} & \|\mathbf{H}_{eff}(:,3)\|^2 \end{bmatrix}$$

Ecuación (16)

La SNR efectiva para el flujo de datos k-ésimo en la Ecuación (9), después del procesamiento de receptor de MMSE, se sabe que es:

$$SNR_k = \frac{1}{\left(\mathbf{I} + \rho \tilde{\mathbf{H}}^+ \tilde{\mathbf{H}}\right)_{kk}^{-1}} - 1$$

Ecuación (17)

donde  $\rho = \frac{\sigma_d^2}{\sigma_n^2}$ .

Para SNR alta, la Ecuación (17) queda:

$$SNR_k \approx \frac{\rho}{\left(\tilde{\mathbf{H}}^+ \tilde{\mathbf{H}}\right)_{kk}^{-1}}$$

Ecuación (18)

La matriz  $\tilde{\mathbf{H}}^+ \tilde{\mathbf{H}}$  tiene la forma:

$$\tilde{\mathbf{H}}^+ \tilde{\mathbf{H}} = \begin{bmatrix} x & 0 & a & b \\ 0 & x & -b^* & a^* \\ a^* & -b & z & 0 \\ b^* & a & 0 & z \end{bmatrix}$$

Ecuación (19)

Las definiciones de los parámetros en la Ecuación (19) se hallan fácilmente a partir de la expresión para  $\tilde{\mathbf{H}}^+ \tilde{\mathbf{H}}$ . Utilizando la fórmula general para la inversa de una matriz como sigue:

$$\mathbf{A}^{-1} = \frac{\text{cof}^T(\mathbf{A})}{\det(\mathbf{A})} ;$$

Ecuación (20)

10 se puede demostrar que los elementos de la diagonal de  $(\tilde{\mathbf{H}} + \mathbf{H})^{-1}$  vienen dados por:

$$\left(\tilde{\mathbf{H}} + \mathbf{H}\right)_{11}^{-1} = \frac{z \left( x z - |b|^2 - |a|^2 \right)}{\det(\tilde{\mathbf{H}} + \mathbf{H})} ;$$

Ecuación (21)

$$\left(\tilde{\mathbf{H}} + \mathbf{H}\right)_{22}^{-1} = \frac{z \left( x z - |b|^2 - |a|^2 \right)}{\det(\tilde{\mathbf{H}} + \mathbf{H})} ;$$

Ecuación (22)

25

$$\text{y} \quad \left(\tilde{\mathbf{H}} + \mathbf{H}\right)_{33}^{-1} = \frac{x \left( x z - |b|^2 - |a|^2 \right)}{\det(\tilde{\mathbf{H}} + \mathbf{H})} ;$$

Ecuación (23)

$$\left(\tilde{\mathbf{H}} + \mathbf{H}\right)_{44}^{-1} = \frac{x \left( x z - |b|^2 - |a|^2 \right)}{\det(\tilde{\mathbf{H}} + \mathbf{H})} .$$

40

Ecuación (24)

Utilizando la Ecuación (18), las SNR para cada flujo de datos se obtienen como sigue:

$$SNR_1 = \rho \frac{\det(\tilde{\mathbf{H}} + \mathbf{H})}{z \left( x z - |b|^2 - |a|^2 \right)} ;$$

Ecuación (25)

45

$$SNR_2 = \rho \frac{\det(\tilde{\mathbf{H}}^+ \tilde{\mathbf{H}})}{z \left( x z - |b|^2 - |a|^2 \right)};$$

Ecuación (26)

$$SNR_3 = \rho \frac{\det(\tilde{\mathbf{H}}^+ \tilde{\mathbf{H}})}{x \left( x z - |b|^2 - |a|^2 \right)};$$

Ecuación (27)

$$SNR_4 = \rho \frac{\det(\tilde{\mathbf{H}}^+ \tilde{\mathbf{H}})}{x \left( x z - |b|^2 - |a|^2 \right)}.$$

Ecuación (28)

Para cualquier realización de canal anterior, los primeros dos componentes de  $\mathbf{d}$  (los que tienen el código STBC aplicado a ellos) tienen la misma SNR, y los otros dos también tienen igual SNR. El segundo es generalmente más pequeño que el primero. La relación de las SNR para los componentes codificados a los no codificados de  $\mathbf{d}$  es como sigue:

$$\frac{SNR_{1,2}}{SNR_{3,4}} = \frac{x}{z} = \frac{\|\mathbf{H}_{eff}(:,1)\|^2 + \|\mathbf{H}_{eff}(:,2)\|^2}{\|\mathbf{H}_{eff}(:,3)\|^2}.$$

Ecuación (29)

Suponiendo que las tres columnas de  $\mathbf{H}_{eff}$  tienen propiedades similares, la SNR será aproximadamente 3dB superior en promedio para los símbolos codificados de STBC.

En la implementación de STBC, se puede transmitir un par de símbolos subsiguientes a través de una misma frecuencia o diferentes frecuencias. Para evaluación, se considera en la presente memoria el caso más simple de  $N_t = 2$  y  $N_{ss} = 1$  suponiendo que hay solo una antena de recepción en el receptor. La matriz de canal efectiva se representa como una matriz de 1x2 como sigue:

$$\mathbf{H}_{eff} = \begin{bmatrix} h_1 & h_2 \end{bmatrix},$$

Ecuación (30)

y el vector de datos queda como sigue:

5

$$\mathbf{d} = \begin{bmatrix} d_{k,1,2m} \\ d_{k,1,2m+1}^* \end{bmatrix}. \quad \text{Ecuación (31)}$$

Cuando se utiliza la misma frecuencia para los símbolos sucesivos,  $H_{\text{eff}}$  es el mismo para ambos símbolos y la Ecuación (5) queda como sigue:

15

$$\mathbf{y}_k = \begin{bmatrix} h_1 & -h_2 \\ h_2^* & h_1^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_{k,1,2m} \\ d_{k,1,2m+1}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{n}_{k,2m} \\ \mathbf{n}_{k,2m+1}^* \end{bmatrix}. \quad \text{Ecuación (32)}$$

Si se utiliza un receptor de forzado a cero, el primer paso es multiplicar  $\mathbf{y}_k$  por la conjugación Hermitiana de la matriz de canal:

30

$$\tilde{\mathbf{H}} = \begin{bmatrix} h_1 & -h_2 \\ h_2^* & h_1^* \end{bmatrix};$$

para obtener

40

$$\begin{aligned} \tilde{\mathbf{H}}^+ \mathbf{y}_k &= \begin{bmatrix} h_1^* & h_2 \\ -h_2^* & h_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_1 & -h_2 \\ h_2^* & h_1^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_{k,1,2m} \\ d_{k,1,2m+1}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} h_1^* & h_2 \\ -h_2^* & h_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{n}_{k,2m} \\ \mathbf{n}_{k,2m+1}^* \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} |h_1|^2 + |h_2|^2 & 0 \\ 0 & |h_1|^2 + |h_2|^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_{k,1,2m} \\ d_{k,1,2m+1}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} h_1^* & h_2 \\ -h_2^* & h_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{n}_{k,2m} \\ \mathbf{n}_{k,2m+1}^* \end{bmatrix}. \end{aligned} \quad \text{Ecuación (33)}$$

55

Los elementos  $|h_1|^2 + |h_2|^2$  de la matriz diagonal en la parte de señal representan la diversidad de orden 2 que se gana mediante el código STBC.

Cuando se utilizan diferentes frecuencias para los símbolos sucesivos, los canales efectivos para los dos símbolos son como sigue:

$H_{\text{eff}} = [h_1 \ h_2]$  para el primer símbolo; y

$H_{\text{eff}} = [g_1 \ g_2]$  para el segundo símbolo.

En este caso la Ecuación (5) modificada queda como sigue:

$$y_k = \begin{bmatrix} h_1 & -h_2 \\ g_2^* & g_1^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_{k,1,2m} \\ d_{k,1,2m+1}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_{k,2m} \\ n_{k,2m+1}^* \end{bmatrix}; \quad \text{Ecuación (34)}$$

y se obtienen las siguientes:

$$\tilde{H} = \begin{bmatrix} h_1 & -h_2 \\ g_2^* & g_1^* \end{bmatrix}; \quad \text{Ecuación (35)}$$

y

$$\begin{aligned} \tilde{H}^+ y_k &= \begin{bmatrix} h_1^* & g_2 \\ -h_2^* & g_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_1 & -h_2 \\ g_2^* & g_1^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_{k,1,2m} \\ d_{k,1,2m+1}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} h_1^* & g_2 \\ -h_2^* & g_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} n_{k,2m} \\ n_{k,2m+1}^* \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} |h_1|^2 + |g_2|^2 & -h_1^* h_2 + g_1^* g_2 \\ -h_2^* h_1 + g_2^* g_1 & |h_2|^2 + |g_2|^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_{k,1,2m} \\ d_{k,1,2m+1}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} h_1^* & g_2 \\ -h_2^* & g_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} n_{k,2m} \\ n_{k,2m+1}^* \end{bmatrix}. \end{aligned} \quad \text{Ecuación (36)}$$

Los elementos  $|h_1|^2 + |g_2|^2$  de la matriz diagonal en la parte de señal representan la diversidad de orden 2 que se gana mediante el código STBC. En este caso, los elementos de la diagonal todavía representan la diversidad de orden 2. Sin embargo, los elementos fuera de la diagonal contribuyen a la interferencia (es decir, no ortogonalidad).

Para el caso 2 x 1 de la Tabla 1, la Ecuación (5) queda como sigue:

$$y_k = \begin{bmatrix} h_1 & -h_2 \\ h_2^* & h_1^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_{k,1,2m} \\ d_{k,1,2m+1}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_{k,2m} \\ n_{k,2m+1}^* \end{bmatrix}; \quad \text{Ecuación (37)}$$

en donde

$$\tilde{H} = \begin{bmatrix} h_1 & -h_2 \\ h_2^* & h_1^* \end{bmatrix}; \quad \text{Ecuación (38)}$$

$$\mathbf{d} = \begin{bmatrix} d_{k,1,2m} \\ d_{k,1,2m+1}^* \end{bmatrix}.$$

Ecuación (39)

El estimador de MMSE de  $\mathbf{d}$  en este caso es como sigue:

$$\hat{\mathbf{d}} = \rho \tilde{\mathbf{H}}^+ \left( \rho \tilde{\mathbf{H}} \tilde{\mathbf{H}}^+ + \mathbf{I} \right)^{-1} \mathbf{y}_k.$$

Ecuación (40)

$$\tilde{\mathbf{H}} \tilde{\mathbf{H}}^+ = \begin{bmatrix} h_1 & -h_2 \\ h_2^* & h_1^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_1^* & h_2 \\ -h_2^* & h_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} |h_1|^2 + |h_2|^2 & 0 \\ 0 & |h_1|^2 + |h_2|^2 \end{bmatrix}.$$

Ecuación (41)

La Ecuación (40) queda:

$$\hat{\mathbf{d}} = \rho \begin{bmatrix} h_1^* & h_2 \\ -h_2^* & h_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \rho(|h_1|^2 + |h_2|^2) + 1 & 0 \\ 0 & \rho(|h_1|^2 + |h_2|^2) + 1 \end{bmatrix}^{-1} \mathbf{y}_k;$$

Ecuación (42)

o,

$$\begin{bmatrix} \hat{d}_{2m} \\ \hat{d}_{2m+1}^* \end{bmatrix} = \frac{\rho}{\rho(|h_1|^2 + |h_2|^2) + 1} \begin{bmatrix} h_1^* & h_2 \\ -h_2^* & h_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{2m} \\ y_{2m+1}^* \end{bmatrix}.$$

Ecuación (43)

Alternativamente, se pueden hallar las estimaciones de MMSE de  $d_{2m}$  y  $d_{2m+1}$  utilizando solo  $y_{2m}$  y después  $y_{2m+1}$  y después sumándolas. Aplicando este esquema para el primer símbolo:

$$y_{2m} = \begin{bmatrix} h_1 & h_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_{2m} \\ -d_{2m+1}^* \end{bmatrix} + n_{2m},$$

Ecuación (44)

y la estimación de MMSE del vector de datos del primer símbolo es:

$$\begin{bmatrix} \hat{d}_{2m} \\ -\hat{d}_{2m+1}^* \end{bmatrix} = \rho \begin{bmatrix} h_1^* \\ h_2^* \end{bmatrix} \left( \rho \begin{bmatrix} h_1 & h_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_1^* \\ h_2^* \end{bmatrix} + 1 \right)^{-1} y_{2m}, \quad \text{Ecuación (45)}$$

o,

$$\begin{bmatrix} \hat{d}_{2m} \\ -\hat{d}_{2m+1}^* \end{bmatrix} = \frac{\rho}{\rho(|h_1|^2 + |h_2|^2) + 1} \begin{bmatrix} h_1^* \\ h_2^* \end{bmatrix} y_{2m}. \quad \text{Ecuación (46)}$$

Aplicando este esquema para el segundo símbolo:

$$y_{2m+1} = \begin{bmatrix} h_1 & h_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_{2m+1} \\ d_{2m}^* \end{bmatrix} + n_{2m+1}, \quad \text{Ecuación (47)}$$

y la estimación de MMSE del vector de datos del segundo símbolo es:

$$\begin{bmatrix} \hat{d}_{2m+1} \\ \hat{d}_{2m}^* \end{bmatrix} = \rho \begin{bmatrix} h_1^* \\ h_2^* \end{bmatrix} \left( \rho \begin{bmatrix} h_1 & h_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_1^* \\ h_2^* \end{bmatrix} + 1 \right)^{-1} y_{2m+1}, \quad \text{Ecuación (48)}$$

$$\begin{bmatrix} \hat{d}_{2m+1} \\ \hat{d}_{2m}^* \end{bmatrix} = \frac{\rho}{\rho(|h_1|^2 + |h_2|^2) + 1} \begin{bmatrix} h_1^* \\ h_2^* \end{bmatrix} y_{2m+1}. \quad \text{Ecuación (49)}$$

Utilizando las Ecuaciones (47) y (49), las dos estimaciones de  $d_{2m}$  se suman como sigue:

$$\hat{d}_{2m} = \frac{\rho}{\rho(|h_1|^2 + |h_2|^2) + 1} \left[ h_1^* y_{2m} + h_2 y_{2m+1}^* \right]$$

Ecuación (50)

El resultado es el mismo que el resultado obtenido en la Ecuación (43). Hacer la suma para la estimación de  $d_{2m+1}$  también dará como resultado el mismo que el de la Ecuación (43). Por tanto, en el esquema simple de Alamouti 2x1, las dos técnicas de decodificación son idénticas. Sin embargo, puede no ser la misma en el caso de 3x2 en la Tabla 1.

Las Figuras 4 y 5 muestran resultados de simulación para unos canales E y B de IEEE 802.11n que utilizan una configuración de antena de 3x2 y un receptor de MMSE lineal (LMMSE). Los resultados de simulación muestran que el caso que utiliza un esquema de modulación desigual de 64 QAM y QPSK tiene aproximadamente 1,5 dB (0,8 dB) mejor en términos de tasa de error de paquetes (PER) que el caso que utiliza esquema de modulación igual de 16 QAM y 16 QAM para el canal E (canal B).

El transmisor y el receptor pueden ser una unidad de transmisión/recepción inalámbrica (WTRU) o una estación base. La terminología "WTRU" incluye pero no se limita a un equipo de usuario (UE), una estación móvil, una unidad de abonado fija o móvil, un buscapersonas, un teléfono móvil, un asistente digital personal (PDA), un ordenador, o cualquier otro tipo de dispositivo de usuario capaz de operar en un entorno inalámbrico. La terminología "estación base" incluye pero no se limita a un Nodo-B, un controlador de sitio, un punto de acceso (AP), o cualquier otro tipo de dispositivo de interfaz capaz de operar en un entorno inalámbrico.

Ejemplos no reivindicados.

1. Un método para implementar el procesamiento espacial de datos con MCS desiguales en un sistema de comunicación inalámbrica que incluye un transmisor y un receptor.
2. El método del ejemplo 1 que comprende el paso de generar una pluralidad de flujos de datos a partir de al menos una entrada de datos.
3. El método del ejemplo 2 que comprende el paso de realizar un procesamiento espacial sobre al menos uno de los flujos de datos para generar una pluralidad de flujos espaciales, un MCS para cada flujo de datos seleccionado de forma independiente.
4. El método del ejemplo 3 que comprende el paso de transmitir los flujos espaciales a través de múltiples antenas de transmisión.
5. El método según cualquiera de los ejemplos 3-4, en donde el procesamiento espacial se realiza solo una parte de los flujos de datos.
6. El método según cualquiera de los ejemplos 3-5, en donde un MCS para un flujo de datos en el que se realiza un procesamiento espacial es diferente de un MCS para un flujo de datos en el que no se realiza un procesamiento espacial.
7. El método según cualquiera de los ejemplos 3-6, en donde el procesamiento espacial se realiza mediante STBC sobre al menos uno de los flujos de datos.
8. El método del ejemplo 7, en donde un par de símbolos para la STBC sobre el flujo de datos se mapean a una misma frecuencia.
9. El método del ejemplo 7, en donde un par de símbolos para la STBC sobre el flujo de datos se mapean a diferentes frecuencias.
10. El método según cualquiera de los ejemplos 3-9, en donde el procesamiento espacial es al menos uno de STBC, SFBC, codificación de Alamouti casi ortogonal y codificación de bloque espacio temporal de tiempo invertido se realiza sobre al menos uno de los flujos de datos.
11. El método según cualquiera de los ejemplos 3-10, en donde se realiza procesamiento espacial lineal sobre los flujos de datos.
12. El método de 11, en donde se realiza CDD sobre los flujos espaciales.
13. El método según cualquiera de los ejemplos 11-12, en donde se multiplica una matriz de mapeo de antenas a los flujos espaciales.
14. El método del ejemplo 13, en donde la matriz de mapeo de antena es una matriz identidad.
15. El método del ejemplo 13, en donde la matriz de mapeo de antena es para la dispersión espacial.

16. El método del ejemplo 13, en donde la matriz de mapeo de antena es una matriz de dirección específica del canal.
17. El método del ejemplo 16, en donde la matriz de mapeo de antena incluye un conjunto de vectores propios del canal.
18. El método según cualquiera de los ejemplos 3-17, en donde el MCS para cada flujo de datos se determina en base a una relación señal a ruido de cada flujo espacial asociada con el flujo de datos.
19. El método según cualquiera de los ejemplos 4-18, que comprende además el paso de recibir los flujos espaciales con al menos una antena de recepción.
20. El método del ejemplo 19 que comprende el paso de realizar estimación de canal para generar una matriz de canal.
21. El método del ejemplo 20 que comprende el paso de decodificar los flujos espaciales recibidos utilizando la matriz de canal para recuperar los datos de entrada.
22. El método del ejemplo 21, en donde se utiliza decodificación MMSE para decodificar los flujos de datos recibidos.
23. El método del ejemplo 21, en donde se utiliza decodificación ZF para decodificar los flujos de datos recibidos.
24. El método según cualquiera de los ejemplos 1-23, en donde el sistema de comunicación inalámbrica es un sistema OFDM.
25. El método según cualquiera de los ejemplos 1-23, en donde el sistema de comunicación inalámbrica es uno de un sistema MS-CDMA y un sistema CDMA.
26. Un transmisor para implementar el procesamiento espacial de datos con MCS desiguales.
27. El transmisor del ejemplo 26 que comprende un procesador espacial para realizar procesamiento espacial sobre al menos uno de una pluralidad de flujos de datos, un MCS para cada flujo de datos seleccionado de forma independiente.
28. El transmisor del ejemplo 27 que comprende una pluralidad de antenas de transmisión para transmitir los flujos de datos.
29. El transmisor según cualquiera de los ejemplos 27-28, en donde el procesador espacial se configura para realizar procesamiento espacial solo una parte de los flujos de datos.
30. El transmisor según cualquiera de los ejemplos 27-29, en donde un MCS para un flujo de datos sobre el que se realiza un procesamiento espacial es diferente de un MCS para un flujo de datos sobre el que no se realiza un procesamiento espacial.
31. El transmisor según cualquiera de los ejemplos 27-30, en donde el procesador espacial se configura para realizar STBC sobre al menos uno de los flujos de datos.
32. El transmisor del ejemplo 31, en donde el procesador espacial se configura para mapear un par de símbolos para la STBC sobre el flujo de datos a una misma frecuencia.
33. El transmisor del ejemplo 31, en donde procesador espacial se configura para mapear un par de símbolos para la STBC sobre el flujo de datos a diferentes frecuencias.
34. El transmisor según cualquiera de los ejemplos 27-33, en donde el procesador espacial se configura para realizar al menos uno de STBC, SFBC, codificación de Alamouti casi-ortogonal y codificación de bloque espacio temporal de tiempo invertido sobre al menos uno de los flujos de datos.
35. El transmisor según cualquiera de los ejemplos 27-34, en donde el procesador espacial se configura para realizar procesamiento espacial lineal sobre los flujos de datos.
36. El transmisor del ejemplo 35, en donde el procesador espacial se configura para realizar CDD sobre los flujos espaciales.
37. El transmisor según cualquiera de los ejemplos 35-36, en donde el procesador espacial se configura para aplicar una matriz de mapeo de antenas a los flujos espaciales.
38. El transmisor del ejemplo 37, en donde la matriz de mapeo de antena es una matriz identidad.
39. El transmisor del ejemplo 37, en donde la matriz de mapeo de antena es para la dispersión espacial.
40. El transmisor del ejemplo 37, en donde la matriz de mapeo de antena es una matriz de dirección específica del canal.
41. El transmisor del ejemplo 40, en donde la matriz de mapeo de antena incluye un conjunto de vectores propios del canal.
42. El transmisor según cualquiera de los ejemplos 27-41, en donde el MCS para cada flujo de datos se determina en base a una relación señal a ruido de cada flujo espacial asociada con el flujo de datos.

43. Un receptor para implementar el procesamiento espacial de datos con MCS desiguales.
- 5 44. El receptor del ejemplo 43 que comprende al menos una antena de recepción para recibir una pluralidad de flujos espaciales, un MCS para cada flujo de datos mapeado a los flujos espaciales seleccionado de forma independiente en un transmisor.
45. El receptor del ejemplo 44 que comprende un estimador de canal para realizar estimación de canal para generar una matriz de canal.
- 10 46. El receptor del ejemplo 45 que comprende un decodificador espacial para decodificar los flujos espaciales recibidos utilizando la matriz de canal.
47. El receptor del ejemplo 46, en donde el decodificador espacial se configura para realizar decodificación MMSE para decodificar los flujos espaciales recibidos.
48. El receptor del ejemplo 46, en donde el decodificador espacial se configura para realizar decodificación ZF para decodificar los flujos espaciales recibidos.
- 15 49. En un sistema de comunicación inalámbrica que incluye un transmisor y un receptor, un método para implementar el procesamiento espacial de datos con esquemas de modulación y codificación (MCS) desiguales, comprendiendo el método:
- generar una pluralidad de flujos de datos a partir de al menos una entrada de datos;
- 20 realizar un procesamiento espacial sobre al menos uno de los flujos de datos para generar una pluralidad de flujos espaciales, un MCS para cada flujo de datos seleccionado de forma independiente; y
- transmitir los flujos espaciales a través de múltiples antenas de transmisión.
- 25 50. El método del ejemplo 49 en donde el procesamiento espacial se realiza solo una parte de los flujos de datos.
51. El método del ejemplo 50 en donde un MCS para un flujo de datos sobre el que se realiza un procesamiento espacial es diferente de un MCS para un flujo de datos sobre el que no se realiza un procesamiento espacial.
- 30 52. El método del ejemplo 49 en donde el procesamiento espacial es codificación de bloque espacio temporal (STBC) realizada sobre al menos uno de los flujos de datos.
53. El método del ejemplo 52 en donde un par de símbolos para la STBC sobre el flujo de datos se mapean a una misma frecuencia.
- 35 54. El método del ejemplo 52 en donde un par de símbolos para la STBC sobre el flujo de datos se mapean a diferentes frecuencias.
55. El método del ejemplo 49 en donde el procesamiento espacial es al menos uno de codificación de bloque espacio temporal (STBC), codificación de bloque de frecuencia espacial (SFBC), codificación de Alamouti casi ortogonal y codificación de bloque espacio temporal de tiempo invertido se realiza sobre al menos uno de los flujos de datos.
- 40 56. El método del ejemplo 49 en donde se realiza procesamiento espacial lineal sobre los flujos de datos.
57. El método del ejemplo 56 en donde se realiza diversidad de retardo cíclico (CDD) sobre los flujos espaciales.
- 45 58. El método del ejemplo 56 en donde se multiplica una matriz de mapeo de antenas a los flujos espaciales.
59. El método del ejemplo 58 en donde la matriz de mapeo de antena es una matriz identidad.
- 50 60. El método del ejemplo 58 en donde la matriz de mapeo de antena es para la dispersión espacial.
61. El método del ejemplo 58 en donde la matriz de mapeo de antena es una matriz de dirección específica del canal.
62. El método del ejemplo 61 en donde la matriz de mapeo de antena incluye un conjunto de vectores propios del canal.
- 55 63. El método del ejemplo 49 en donde el MCS para cada flujo de datos se determina en base a una relación señal a ruido de cada flujo espacial asociada con el flujo de datos.
64. El método del ejemplo 49 que comprende además:
- recibir los flujos espaciales con al menos una antena de recepción;
- 60 realizar estimación de canal para generar una matriz de canal; y
- decodificar los flujos espaciales recibidos utilizando la matriz de canal para recuperar los datos de entrada.
- 65 65. El método del ejemplo 64 en donde se utiliza decodificación de error cuadrático medio mínimo (MMSE) para decodificar los flujos de datos recibidos.

66. El método del ejemplo 64 en donde se utiliza decodificación de forzado cero (ZF) para decodificar los flujos de datos recibidos.

67. El método del ejemplo 49 en donde el sistema de comunicación inalámbrica es un sistema de multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM).

68. El método del ejemplo 49 en donde el sistema de comunicación inalámbrica es uno de un sistema de acceso múltiple por división de código multiportadora (MS-CDMA) y un sistema CDMA.

69. Un transmisor para implementar el procesamiento espacial de datos con esquemas de modulación y codificación (MCS) desiguales, comprendiendo el transmisor:

un procesador espacial para realizar procesamiento espacial sobre al menos uno de una pluralidad de flujos de datos, un MCS para cada flujo de datos seleccionado de forma independiente; y  
una pluralidad de antenas de transmisión para transmitir los flujos de datos.

70. El transmisor del ejemplo 69 en donde el procesador espacial se configura para realizar procesamiento espacial solo una parte de los flujos de datos.

71. El transmisor del ejemplo 70 en donde un MCS para un flujo de datos sobre el que se realiza un procesamiento espacial es diferente de un MCS para un flujo de datos sobre el que no se realiza un procesamiento espacial.

72. El transmisor del ejemplo 69 en donde el procesador espacial se configura para realizar codificación de bloque espacio temporal (STBC) sobre al menos uno de los flujos de datos.

73. El transmisor del ejemplo 70 en donde el procesador espacial se configura para mapear un par de símbolos para la STBC sobre el flujo de datos a una misma frecuencia.

74. El transmisor del ejemplo 70 en donde procesador espacial se configura para mapear un par de símbolos para la STBC sobre el flujo de datos a diferentes frecuencias.

75. El transmisor del ejemplo 69 en donde el procesador espacial se configura para realizar al menos uno de codificación de bloque espacio temporal (STBC), codificación de bloque de frecuencia espacial (SFBC), codificación de Alamouti casi-ortogonal y codificación de bloque espacio temporal de tiempo invertido sobre al menos uno de los flujos de datos.

76. El transmisor del ejemplo 69 en donde el procesador espacial se configura para realizar procesamiento espacial lineal sobre los flujos de datos.

77. El transmisor del ejemplo 76 en donde el procesador espacial se configura para realizar diversidad de retardo cíclico (CDD) sobre los flujos espaciales.

78. El transmisor del ejemplo 76 en donde el procesador espacial se configura para aplicar una matriz de mapeo de antenas a los flujos espaciales.

79. El transmisor del ejemplo 78 en donde la matriz de mapeo de antena es una matriz identidad.

80. El transmisor del ejemplo 78 en donde la matriz de mapeo de antena es para la dispersión espacial.

81. El transmisor del ejemplo 78 en donde la matriz de mapeo de antena es una matriz de dirección específica del canal.

82. El transmisor del ejemplo 81 en donde la matriz de mapeo de antena incluye un conjunto de vectores propios del canal.

83. El transmisor del ejemplo 79 en donde el MCS para cada flujo de datos se determina en base a una relación señal a ruido de cada flujo espacial asociada con el flujo de datos.

84. Un receptor para implementar el procesamiento espacial de datos con esquemas de modulación y codificación (MCS) desiguales, comprendiendo el receptor:

al menos una antena de recepción para recibir una pluralidad de flujos espaciales, un MCS para cada flujo de datos mapeado a los flujos de espaciales seleccionado de forma independiente en un transmisor;  
un estimador de canal para realizar estimación de canal para generar una matriz de canal; y  
un decodificador espacial para decodificar los flujos espaciales recibidos utilizando la matriz de canal.

85. El receptor del ejemplo 84 en donde el decodificador espacial se configura para realizar decodificación de error cuadrático medio mínimo (MMSE) para decodificar los flujos espaciales recibidos.

86. El receptor del ejemplo 84 en donde el decodificador espacial se configura para realizar decodificación de forzado cero (ZF) para decodificar los flujos espaciales recibidos.

5 Aunque las características y elementos de la presente invención se describen en las realizaciones preferidas en combinaciones particulares, cada característica o elemento se puede utilizar solo sin las otras características y elementos de las realizaciones preferidas o en diversas combinaciones con o sin otras características y elementos de la presente invención. Los métodos o diagramas de flujo proporcionados en la presente invención se  
10 pueden implementar en un programa de ordenador, software o firmware incorporado de forma tangible en un medio de almacenamiento legible por ordenador para su ejecución por un ordenador de propósito general o un procesador. Ejemplos de medios de almacenamiento legibles por ordenador incluyen una memoria de solo lectura (ROM), una memoria de acceso aleatorio (RAM), un registro, memoria caché, dispositivos de memoria de semiconductor,  
15 medios magnéticos tales como discos duros internos y discos extraíbles, medios magnetoópticos, y medios ópticos tales como discos CD-ROM, y discos versátiles digitales (DVD).

Los procesadores adecuados incluyen, a modo de ejemplo, un procesador de propósito general, un procesador de propósito especial, un procesador convencional, un procesador digital de señal (DSP), una pluralidad de microprocesadores, uno o más microprocesadores, en asociación con un núcleo de DSP, un controlador, un microcontrolador, Circuitos Integrados de Aplicación Específica (ASIC), circuitos de Matrices de Puertas Programables por Campo (FPGA), cualquier otro tipo de circuito integrado (CI), y/o una máquina de  
20 estados.

Se puede utilizar un procesador en asociación con software para implementar un transceptor de radiofrecuencia para uso en una unidad de transmisión/recepción inalámbrica (WTRU), equipo de usuario (UE), terminal, estación base, controlador de red de radio (RNC), o  
30 cualquier ordenador central. La WTRU se puede utilizar en conjunto con módulos, implementados en hardware y/o software, tal como una cámara, un módulo de cámara de video, un videoteléfono, un teléfono con altavoz, un dispositivo de vibración, un altavoz, un micrófono, un transceptor de televisión, un auricular de manos libres, un teclado, un módulo de Bluetooth®, una unidad de radio modulada en frecuencia (FM), una unidad de visualización de pantalla de cristal líquido (LCD), una unidad de visualización de diodo emisor de luz orgánico (OLED), un reproductor de música digital, un reproductor multimedia, un módulo reproductor de video juegos, un navegador de internet, y/o cualquier módulo de  
35 red de área local inalámbrica (WLAN).

## REIVINDICACIONES

1. Un método para implementar el procesamiento espacial de datos, caracterizado el método por:

seleccionar un primer esquema de modulación y codificación, MCS, y un segundo MCS, en donde el primer MCS se selecciona para que sea un MCS de orden superior que el segundo MCS, en donde el primer MCS seleccionado se ha de utilizar para un primer flujo espacial y el segundo MCS seleccionado se ha de utilizar para un segundo flujo espacial;  
generar el primer flujo espacial utilizando el primer MCS seleccionado y el segundo flujo espacial utilizando el segundo MCS seleccionado;  
realizar codificación de bloque espacio temporal, STBC, sobre el primer flujo espacial y el segundo flujo espacial para generar un primer flujo espacio temporal, un segundo flujo espacio temporal, y un tercer flujo espacio temporal, en donde el primer flujo espacio temporal y el segundo flujo espacio temporal se generan a partir del primer flujo espacial, y el tercer flujo espacio temporal se genera a partir del segundo flujo espacial;  
aplicar desplazamiento cíclico al primer flujo espacio temporal, al segundo flujo espacio temporal, y al tercer flujo espacio temporal para generar tres flujos espacio temporales desplazados cíclicamente; y transmitir los tres flujos espacio temporales desplazados cíclicamente a través de tres antenas.

2. El método de la reivindicación 1 que comprende además multiplicar una matriz de mapeo de antena a los tres flujos espacio temporales desplazados cíclicamente.

3. El método de la reivindicación 2 en donde la matriz de mapeo de antena es una matriz de dirección específica del canal.

4. El método de la reivindicación 2 en donde la matriz de mapeo de antena incluye un conjunto de vectores propios del canal.

5. El método de la reivindicación 1 en donde cada uno del primer MCS y el segundo MCS se determina en base a una relación señal a ruido del primer flujo espacial y el segundo flujo espacial respectivamente.

6. Un transmisor (100) para implementar el procesamiento espacial de datos, caracterizado el transmisor por:

un procesador configurado al menos para:

seleccionar un primer esquema de modulación y codificación, MCS, en donde el primer MCS se selecciona para que sea un MCS de orden superior que el segundo MCS, en donde el primer MCS seleccionado se ha de utilizar para un primer flujo espacial y el segundo MCS seleccionado se ha de utilizar para un segundo flujo espacial;  
generar el primer flujo espacial utilizando el primer MCS seleccionado y el segundo flujo espacial utilizando el segundo MCS seleccionado;  
realizar codificación de bloque espacio temporal, STBC, sobre el primer flujo espacial y el segundo flujo espacial para generar un primer flujo espacio temporal, un segundo flujo espacio temporal, y un tercer flujo espacio temporal, en donde el primer flujo espacio temporal y el segundo flujo espacio temporal se generan a partir del primer flujo espacial, y el tercer flujo espacio temporal se genera a partir del segundo flujo espacial;  
aplicar desplazamiento cíclico al primer flujo espacio temporal, al segundo flujo espacio temporal, y al tercer flujo espacio temporal para generar tres flujos espacio temporales desplazados cíclicamente; y

un transmisor (126) configurado para transmitir los tres flujos espacio temporales desplazados cíclicamente a través de una pluralidad de antenas.

7. El transmisor (100) de la reivindicación 6, en donde el procesador se configura para multiplicar una matriz de mapeo de antena a los tres flujos espacio temporales desplazados cíclicamente.

8. El transmisor (100) de la reivindicación 7, en donde la matriz de mapeo de antena es una matriz de dirección específica del canal.

9. El transmisor (100) de la reivindicación 7, en donde la matriz de mapeo de antena incluye un conjunto de vectores propios del canal.

10. El transmisor (100) de la reivindicación 6, en donde cada uno del primer MCS y el segundo MCS se determina en base a una relación señal a ruido del primer flujo espacial y el segundo flujo espacial respectivamente.

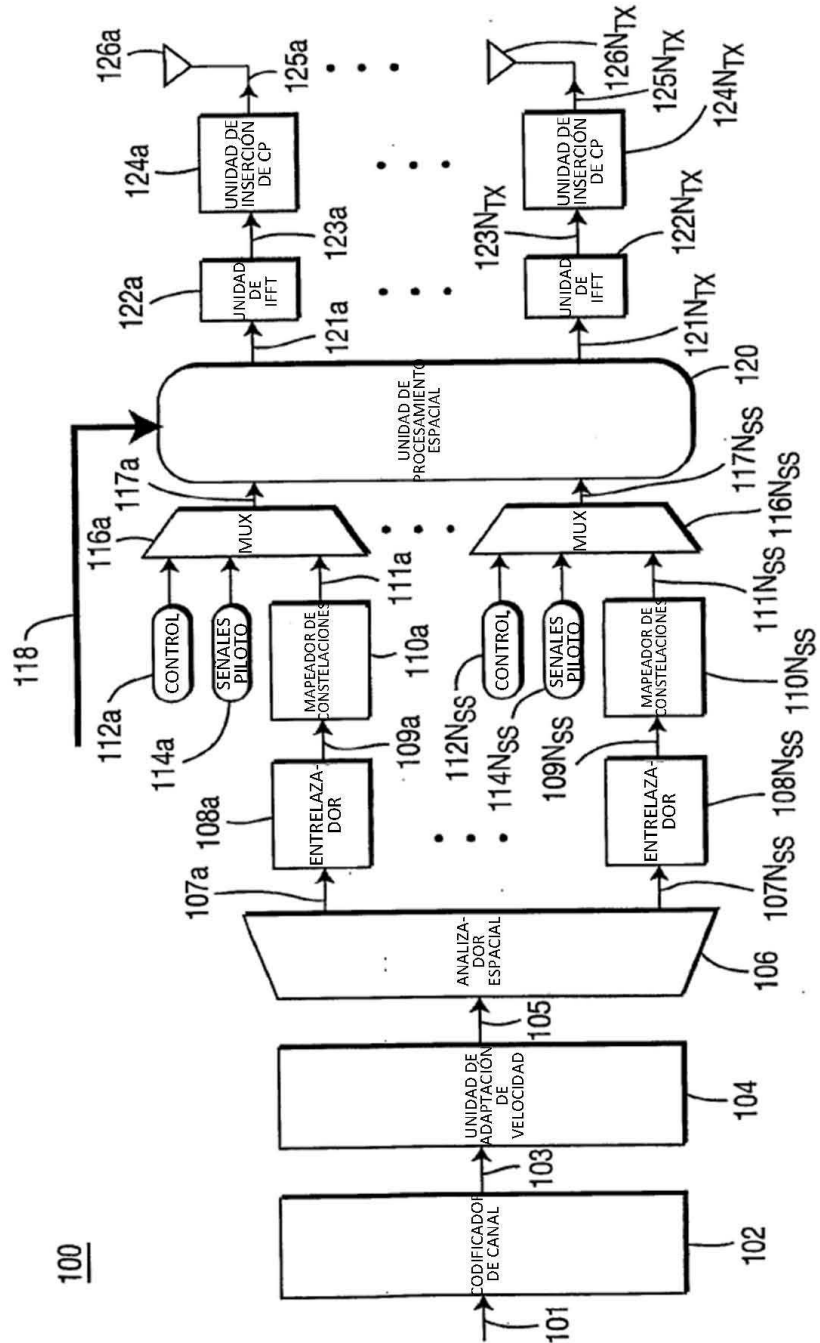


FIG. 1

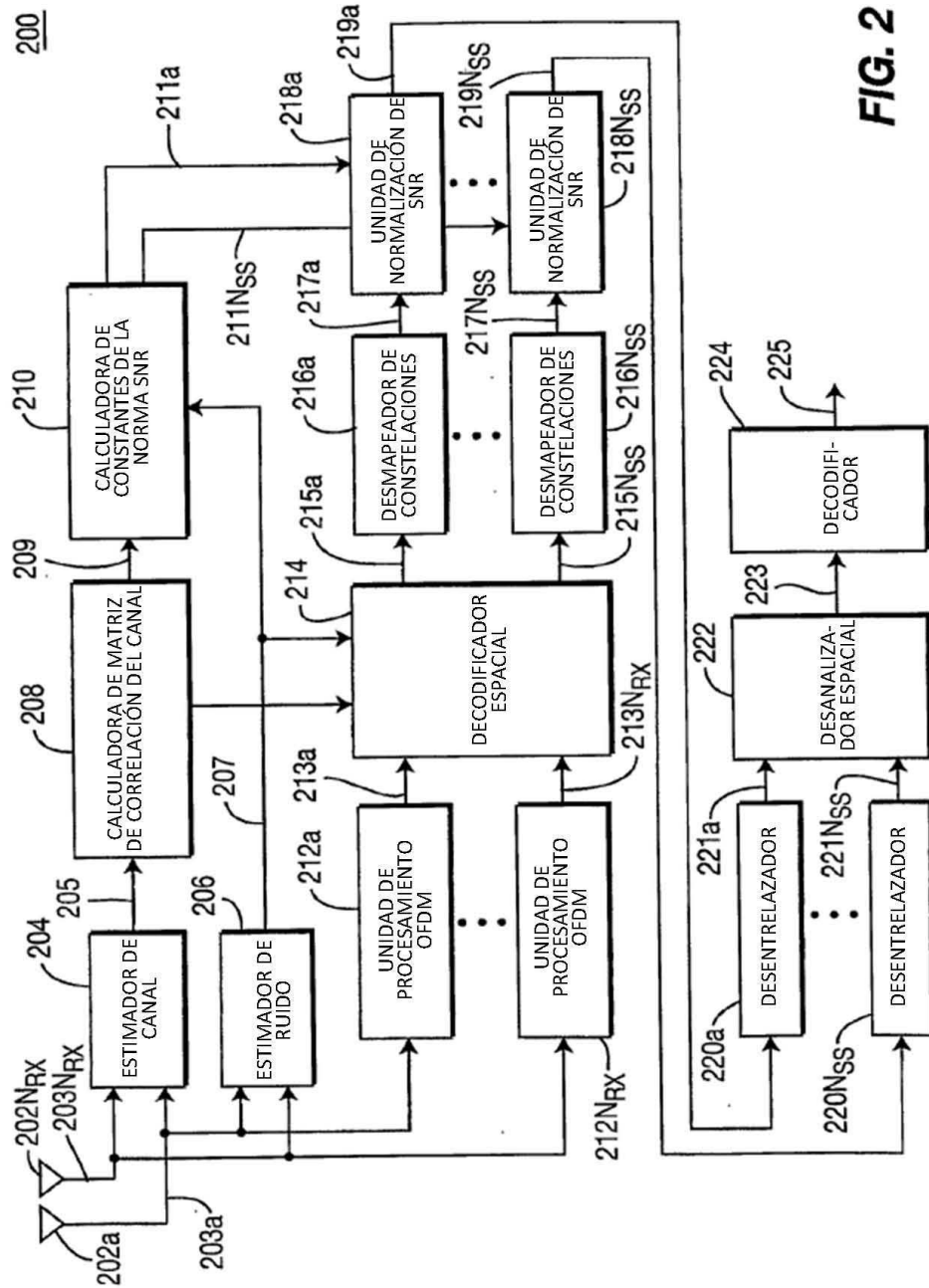
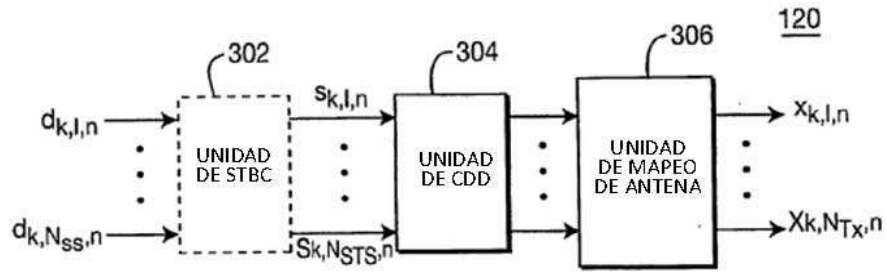
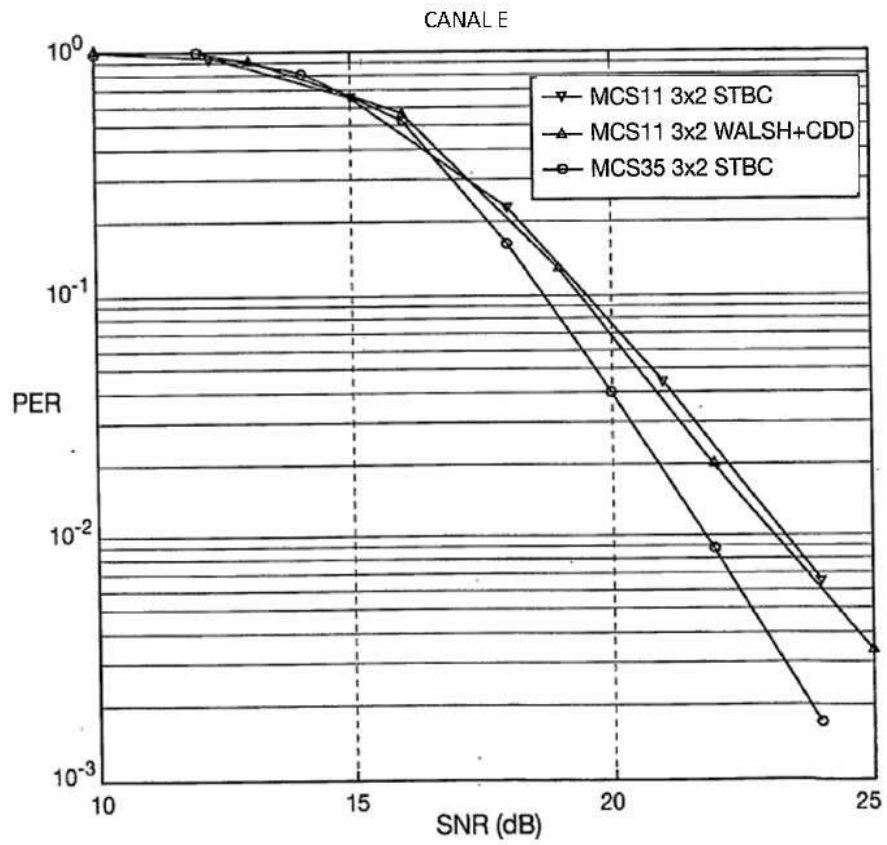


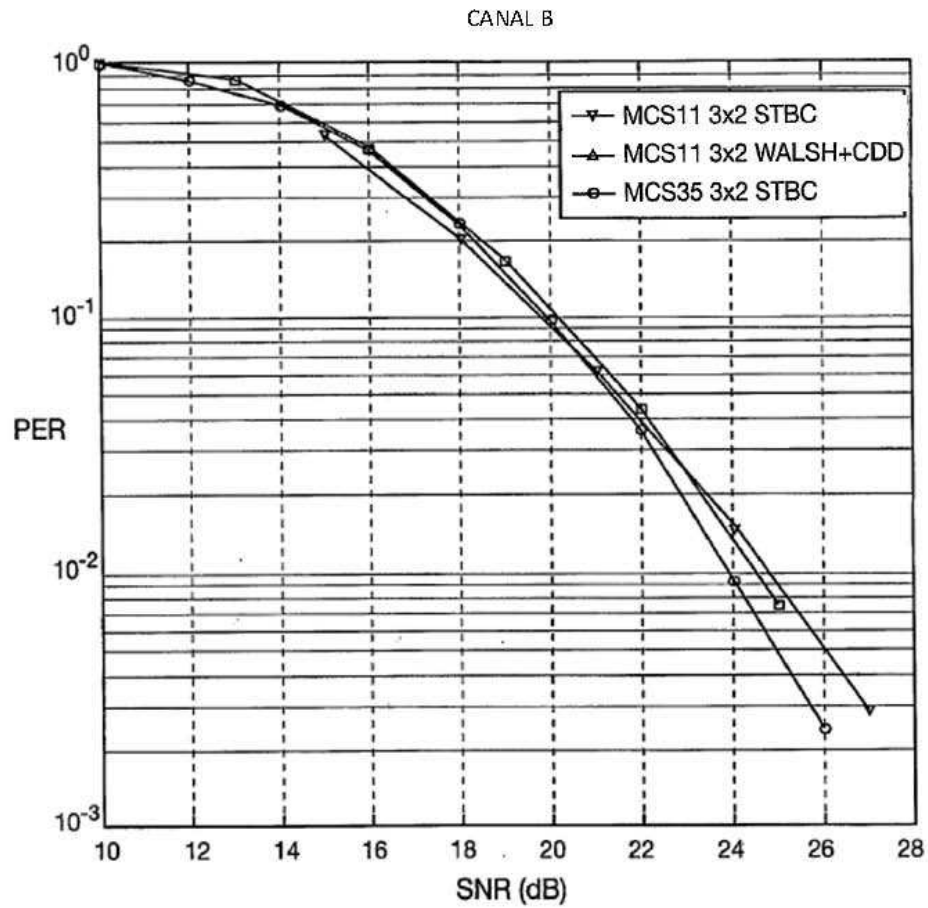
FIG. 2



**FIG. 3**



**FIG. 4**



**FIG. 5**