

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 437 144**

51 Int. Cl.:

**H03M 13/11** (2006.01)

**H03M 13/03** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.02.2009 E 09154350 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2013 EP 2093887**

54 Título: **Aparato y método para codificación y decodificación de canal en un sistema de comunicación utilizando códigos de comprobación de paridad de baja densidad**

30 Prioridad:

**18.02.2008 KR 20080014649**

**29.02.2008 KR 20080019373**

**25.11.2008 KR 20080117264**

**30.01.2009 KR 20090007662**

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

**09.01.2014**

73 Titular/es:

**SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. (50.0%)**

**129, Samsung-ro, Yeongtong-gu**

**Suwon-si, Gyeonggi-do, 443-742, KR y**

**POSTECH ACADEMY-INDUSTRY FOUNDATION (50.0%)**

72 Inventor/es:

**JEONG, HONG-SIL;**

**LEE, HAK-JU;**

**YUN, SUNG-RYUL;**

**LIM, YEON-JU;**

**KWON, HWAN-JOON;**

**KIM, JAE-YOEL;**

**MYUNG, SEHO;**

**YANG, KYEONG-CHEOL y**

**KIM, KYUNG-JOONG**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 437 144 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

Aparato y método para codificación y decodificación de canal en un sistema de comunicación utilizando códigos de comprobación de paridad de baja densidad.

## ANTECEDENTES DE LA INVENCION

## 5 1. Campo de la Invención

La presente invención se refiere en general a un sistema de comunicación que utiliza códigos de comprobación de paridad de baja densidad (LDPC, Low-Density Parity-Check), y más en particular, aunque no exclusivamente, a un aparato y un método de codificación/descodificación de canal para generar códigos LDPC de un tipo particular.

## 2. Descripción de la técnica relacionada

10 En los sistemas de comunicación inalámbricos, el rendimiento del enlace disminuye significativamente debido a diversos ruidos en los canales, al fenómeno de desvanecimiento y a la interferencia entre símbolos (ISI, Inter-Symbol Interference). Por lo tanto, para conseguir sistemas de comunicación digital de alta velocidad que requieren caudal de datos y fiabilidad elevados, tales como la comunicación móvil de siguiente generación, la difusión digital e internet portátil, es necesario desarrollar una tecnología para superar ruidos, desvanecimiento e ISI. Recientemente, se ha realizado un estudio minucioso sobre la utilización de un código de corrección de errores para aumentar la fiabilidad de la comunicación mediante recuperar eficientemente información distorsionada.

El código LDPC, introducido por primera vez por Gallager en la década de 1960, ha estado infrutilizado debido a su implementación compleja, que no podía resolverse mediante la tecnología anterior. Sin embargo, el turbo código, que fue descubierto por Berrou, Glavieux y Thitimajshima de 1993, presenta un comportamiento que se aproxima al límite del canal de Shannon. Por lo tanto, se han llevado a cabo investigaciones sobre decodificación iterativa y codificación de canal basada en grafos, junto con análisis sobre el rendimiento y las características del turbo código. Debido a estas investigaciones, el código LDPC ha vuelto a ser estudiado a finales de la década de 1990, demostrándose que el código LDPC tiene un comportamiento próximo al límite del canal de Shannon, si es sometido a decodificación mediante aplicación de decodificación iterativa en base a un algoritmo suma-producto sobre un grafo de Tanner (un caso especial de un grafo factor) correspondiente al código LDPC.

El código LDPC se representa habitualmente utilizando una técnica de representación de grafos, y muchas características pueden ser analizadas mediante los métodos basados en teoría de grafos, álgebra y teoría de probabilidades. En general, un modelo de grafo de códigos de canal es útil para la descripción de códigos. Mapeando información en bits codificados, a vértices en el grafo, y mapeando relaciones entre los bits, a aristas en el grafo, es posible considerar una red de comunicación en la que los vértices intercambian mensajes predeterminados a través de las aristas. Esto posibilita obtener un algoritmo de decodificación natural. Por ejemplo, un algoritmo de decodificación obtenido a partir de un grafo reticulado ("trellis"), que puede ser considerado una clase de grafo, puede incluir el muy conocido algoritmo de Viterbi y un algoritmo de Bahl, Cocke, Jelinek y Raviv (BCJR).

El código LDPC se define en general como una matriz de comprobación de paridad, y puede ser expresado utilizando un grafo bipartito, que se denomina un grafo de Tanner. En el grafo bipartito los vértices que constituyen el grafo están divididos en dos tipos diferentes, y el código LDPC está representado por el grafo bipartito compuesto de vértices, de los que unos se denominan nodos variables y los otros nodos de comprobación. Los nodos variables están mapeados uno a uno a los bits codificados.

Haciendo referencia a las figuras 1 y 2, se realizará una descripción de un método de representación de grafos para el código LDPC.

La figura 1 muestra un ejemplo de una matriz de comprobación de paridad  $H_1$  del código LDPC compuesta de 4 filas y 8 columnas. Haciendo referencia la figura 1, dado que el número de columnas es 8, un código LDPC genera una palabra de código de longitud 8, y las columnas son mapeadas a 8 bits codificados.

La figura 2 es un diagrama que muestra un grafo de Tanner correspondiente a  $H_1$  de la figura 1.

Haciendo referencia la figura 2, el grafo de Tanner del código LDPC se compone de 8 nodos variables  $x_1$  (202),  $x_2$  (204),  $x_3$  (206),  $x_4$  (208),  $x_5$  (210),  $x_6$  (212),  $x_7$  (214) y  $x_8$  (216), y 4 nodos de comprobación 218, 220, 222 y 224. Una columna  $i$ -ésima y una fila  $j$ -ésima en la matriz de comprobación de paridad  $H_1$  del código LDPC son mapeadas a un nodo variable  $x_i$  y a un nodo de comprobación  $j$ -ésimo, respectivamente. Además, un valor de 1, es decir, un valor distinto de cero, en la posición en que se cruzan una columna  $i$ -ésima y una fila  $j$ -ésima en la matriz de

comprobación de paridad  $H_1$  del código LDPC, indica que existe una arista entre el nodo variable  $x_i$  y el nodo de comprobación  $j$ -ésimo en el grafo de Tanner que se muestra en la figura 2.

En el grafo de Tanner del código LDPC, se define el grado del nodo variable y del nodo de comprobación como número de aristas contenidas en cada nodo respectivo, y el grado es igual al número de entradas distintas de cero en una columna o fila correspondiente al nodo asociado en la matriz de comprobación de paridad del código LDPC. Por ejemplo, en la figura 2, los grados de los nodos variables  $x_1$  (202),  $x_2$  (204),  $x_3$  (206),  $x_4$  (208),  $x_5$  (210),  $x_6$  (212),  $x_7$  (214) y  $x_8$  (216) son 4, 3, 3, 3, 2, 2, 2 y 2, respectivamente, y los grados de los nodos de comprobación 218, 220, 222 y 224 son 6, 5, 5 y 5, respectivamente. Además, los números de entradas distintas de cero en las columnas de la matriz de comprobación de paridad  $H_1$  de la figura 1, que corresponden a los nodos variables de la figura 2, son iguales a sus grados 4, 3, 3, 3, 2, 2, 2 y 2. Los números de entradas distintas de cero en las filas de la matriz de comprobación de paridad  $H_1$  de la figura 1, que corresponden a los nodos de comprobación de la figura 2, son iguales a sus grados 6, 5, 5 y 5.

Para expresar la distribución de grados para los nodos del código LDPC, la relación del número de nodos variables de grado- $i$  respecto al número total de nodos variables se define como  $f_i$ , y la relación del número de nodos de comprobación de grado  $j$  respecto al número total de nodos de comprobación se define como  $g_j$ . Por ejemplo, para el código LDPC correspondiente a las figuras 1 y 2,  $f_2=4/8$ ,  $f_3=3/8$ ,  $f_4=1/8$ , y  $f_i=0$  para  $i \neq 2, 3, 4$ ; y  $g_5=3/4$ ,  $g_6=1/4$ , y  $g_j=0$  para  $j \neq 5, 6$ . Cuando la longitud del código LDPC, es decir, el número de columnas, se define como  $N$ , y el número de filas se define como  $N/2$ , la densidad de entradas distintas de cero en toda la matriz de comprobación de paridad que tiene la distribución de grados anterior se calcula según la ecuación (1).

$$\frac{2f_2N + 3f_3N + 4f_4N}{N \cdot N/2} = \frac{5.25}{N} \dots\dots\dots (1)$$

En la ecuación (1), cuando  $N$  aumenta, disminuye la densidad de '1's en la matriz de comprobación de paridad. En general, en relación con el código LDPC, dado que la longitud  $N$  del código es inversamente proporcional a la densidad de entradas distintas de cero, un código LDPC con  $N$  grande tiene una densidad muy baja de entradas distintas de cero. La expresión 'baja densidad' para el código LDPC está originada en la relación mencionada anteriormente.

A continuación, haciendo referencia a la figura 3, se realizará una descripción de características de una matriz de comprobación de paridad de un código LDPC estructurado a aplicar en la presente invención. La figura 3 muestra esquemáticamente un código LDPC adoptado en la tecnología estándar de difusión de señales digitales de video-transmisión por satélite de segunda generación (DVB-S2, Digital Video Broadcasting-Satellite transmission 2nd generation), que es uno de los estándares europeos de difusión digital.

En la figura 3,  $N_1$  indica una longitud de una palabra de código LDPC,  $K_1$  indica una longitud de la palabra de información, y  $(N_1-K_1)$  proporciona una longitud de paridad. Además, los enteros  $M_1$  y  $q$  se determinan de manera que satisfacen  $q=(N_1-K_1)/M_1$ . Preferentemente,  $K_1/M_1$  deberá ser asimismo un número entero.

Haciendo referencia a la figura 3, una estructura de una parte de paridad, es decir, columna  $K_1$ -ésima hasta columna  $(N_1-1)$ -ésima, en la matriz de comprobación de paridad, tiene forma de diagonal doble. Por lo tanto, en relación con la distribución de grado sobre las columnas correspondientes a la parte de paridad, todas las columnas tienen grado '2', excepto para la última columna, que tiene grado '1'.

En la matriz de comprobación de paridad, una estructura de una parte de información, es decir, la columna 0-ésima hasta la columna  $(K_1-1)$ -ésima, se realiza utilizando las reglas siguientes.

Regla 1: se generan un total de  $K_1/M_1$  grupos de columnas mediante agrupar  $K_1$  columnas correspondientes a la palabra de información en la matriz de comprobación de paridad, en múltiples grupos compuestos, cada uno, de  $M_1$  columnas. Sigue un método para formar columnas pertenecientes a cada grupo de columnas en la siguiente regla 2.

Regla 2: se determinan en primer lugar las posiciones de '1's en cada columna 0-ésima en grupos de columnas  $i$ -ésimos (donde  $i=1, \dots, K_1/M_1$ ). Cuando un grado de una columna 0-ésima en cada grupo de columnas  $i$ -ésimo se indica mediante  $D_i$ , si se asume que las posiciones de las filas con 1 son  $R_{i,0}^{(1)}, R_{i,0}^{(2)}, \dots, R_{i,0}^{(D_i)}$ , las posiciones  $R_{i,j}^{(k)}$  ( $k=1, 2, \dots, D_i$ ) de las filas con 1 se definen según la ecuación (2), en una columna  $j$ -ésima (donde  $j=1, 2, \dots, M_1-1$ ) en un grupo de columnas  $i$ -ésimo.

$$R_{i,j}^{(k)} = \left\{ R_{i,(j-1)}^{(k)} + q \right\} \bmod (N_1 - K_1), \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$k = 1, 2, \dots, D_i, \quad i = 1, \dots, K_1/M_1, \quad j = 1, \dots, M_1 - 1$$

5 De acuerdo con las reglas anteriores, puede apreciarse que los grados de las columnas que pertenecen a un grupo de columnas i-ésimo (donde  $i=1, \dots, K_1/M_1$ ) son todos iguales a  $D_i$ . Para una mejor comprensión de la estructura de un código DVB-S2 LDPC que almacena información sobre la matriz de comprobación de paridad de acuerdo con las reglas anteriores, se describirá el siguiente ejemplo detallado.

Como un ejemplo detallado, para  $N_1=30$ ,  $K_1=15$ ,  $M_1=5$  y  $q=3$ , pueden expresarse como sigue tres secuencias para la información sobre las posiciones de las filas con 1 para las columnas 0-ésimas en 3 grupos de columnas. En la presente descripción, estas secuencias se denominan por comodidad "secuencias de posición de ponderación-1".

$$R_{1,0}^{(1)} = 0, \quad R_{1,0}^{(2)} = 1, \quad R_{1,0}^{(3)} = 2,$$

$$R_{2,0}^{(1)} = 0, \quad R_{2,0}^{(2)} = 11, \quad R_{2,0}^{(3)} = 13,$$

$$R_{3,0}^{(1)} = 0, \quad R_{3,0}^{(2)} = 10, \quad R_{3,0}^{(3)} = 14.$$

En relación con la secuencia de posición de ponderación-1 para las columnas 0-ésimas en cada grupo de columnas, solamente las secuencias de posición correspondientes pueden expresarse como sigue para cada grupo de columnas. Por ejemplo:

0	1	2
0	11	13
0	10	14.

15 En otras palabras, la secuencia de posición de ponderación-1 i-ésima en la línea i-ésima representa secuencialmente la información de las posiciones de las filas con 1 en el grupo de columnas i-ésimo.

20 Es posible generar un código LDPC que tenga el mismo concepto que el de un código DVB-S2 LDPC de la figura 4, mediante formar una matriz de comprobación de paridad utilizando la información correspondiente al ejemplo detallado, y la regla 1 y la regla 2.

Se sabe que el código DVB-S2 LDPC diseñado de acuerdo con la regla 1 y la regla 2 puede ser codificado eficientemente utilizando la forma estructural. A continuación se describirán a modo de ejemplo las etapas respectivas en un proceso de realización de codificación LDPC utilizando la matriz de comprobación de paridad basada en DVB-S2.

25 En la siguiente descripción, como un ejemplo detallado, un código DVB-S2 LDPC con  $N_1=16200$ ,  $K_1=10800$ ,  $M_1=360$  y  $q=15$  es sometido a un proceso de codificación. Por comodidad, los bits de información que tienen una longitud  $K_1$  se representan como  $(i_0, i_1, \dots, i_{K_1-1})$ , y los bits de paridad que tiene una longitud de  $(N_1-K_1)$  se expresan como  $(p_0, p_1, \dots, p_{N_1-K_1-1})$ .

Etapa 1: un codificador LDPC inicializa bits de paridad, como sigue:

$$p_0 = p_1 = \dots = p_{N_1-K_1-1} = 0$$

30 Etapa 2: el codificador LDPC lee información sobre una fila donde hay un 1 en un grupo de columnas, a partir de una secuencia de posición de ponderación-1 0-ésima de entre las secuencias almacenadas que indican la matriz de comprobación de paridad.

0 2084	1613	1548	1286	1460	3196	4297	2481	3369	3451	4620	2622
--------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

$$\begin{aligned}
 R_{1,0}^{(1)} &= 0, R_{1,0}^{(2)} = 2048, R_{1,0}^{(3)} = 1613, R_{1,0}^{(4)} = 1548, R_{1,0}^{(5)} = 1286, \\
 R_{1,0}^{(6)} &= 1460, R_{1,0}^{(7)} = 3196, R_{1,0}^{(8)} = 4297, R_{1,0}^{(9)} = 2481, R_{1,0}^{(10)} = 3369, \\
 R_{1,0}^{(11)} &= 3451, R_{1,0}^{(12)} = 4620, R_{1,0}^{(13)} = 2622.
 \end{aligned}$$

5 El codificador LDPC actualiza los bits de paridad específicos  $p_x$  de acuerdo con la ecuación (3) utilizando la información leída y el primer bit de información  $i_0$ . En la presente descripción,  $x$  indica un valor de  $R_{1,0}^{(k)}$  para  $k = 1, 2, \dots, 13$ .

$$\begin{aligned}
 p_0 &= p_0 \oplus i_0, & p_{2084} &= p_{2064} \oplus i_0, & p_{1613} &= p_{1613} \oplus i_0, \\
 p_{1548} &= p_{1548} \oplus i_0, & p_{1286} &= p_{1286} \oplus i_0, & p_{1460} &= p_{1460} \oplus i_0, \\
 p_{3196} &= p_{3196} \oplus i_0, & p_{4297} &= p_{4297} \oplus i_0, & p_{2481} &= p_{2481} \oplus i_0, & \dots \dots \dots (3) \\
 p_{3369} &= p_{3369} \oplus i_0, & p_{3451} &= p_{3451} \oplus i_0, & p_{4620} &= p_{4620} \oplus i_0, \\
 p_{2622} &= p_{2622} \oplus i_0
 \end{aligned}$$

En la ecuación (3),  $p_x = p_x \oplus i_0$  puede expresarse asimismo como  $p_x \leftarrow p_x \oplus i_0$ , y  $\oplus$  indica suma binaria.

Etapa 3: el codificador LDPC encuentra en primer lugar un valor de la ecuación (4) para los siguientes 359 bits de información  $i_m$  (donde  $m=1, 2, \dots, 359$ ) después de  $i_0$ .

$$\{x + (m \bmod M_1) \times q\} \bmod (N_1 - K_1), \quad M_1 = 360, \quad m = 1, 2, \dots, 359 \quad \dots \dots \dots (4)$$

10 En la ecuación (4),  $x$  indica un valor de  $R_{1,0}^{(k)}$  para  $k = 1, 2, \dots, 13$ . Debe observarse que la ecuación (4) tiene el mismo concepto que la ecuación (2).

15 A continuación, el codificador LDPC realiza una operación similar a la ecuación (3) utilizando el valor encontrado en la ecuación (4). Es decir, el codificador LDPC actualiza  $p_{\{x+(m \bmod M_1) \times q\} \bmod (N_1 - K_1)}$  para  $i_m$ . Por ejemplo, para  $m=1$ , es decir, para  $i_1$ , el codificador LDPC actualiza a los bits de paridad  $p_{\{x+q\} \bmod (N_1 - K_1)}$  tal como se define en la ecuación (5).

$$\begin{aligned}
 p_{15} &= p_{15} \oplus i_1, & p_{2099} &= p_{2099} \oplus i_1, & p_{1628} &= p_{1628} \oplus i_1, \\
 p_{1563} &= p_{1563} \oplus i_1, & p_{1301} &= p_{1301} \oplus i_1, & p_{1475} &= p_{1475} \oplus i_1, \\
 p_{3211} &= p_{3211} \oplus i_1, & p_{4312} &= p_{4312} \oplus i_1, & p_{2496} &= p_{2496} \oplus i_1, & \dots \dots \dots (5) \\
 p_{3384} &= p_{3384} \oplus i_1, & p_{3466} &= p_{3466} \oplus i_1, & p_{4635} &= p_{4635} \oplus i_1, \\
 p_{2637} &= p_{2637} \oplus i_1
 \end{aligned}$$

Debe observarse que  $q = 15$  en la ecuación (5). El codificador LDPC lleva a cabo el proceso anterior para  $m = 1, 2, \dots, 359$  del mismo modo que se mostró anteriormente.

20 Etapa 4: tal como en la etapa 2, el codificador LDPC lee información de la primera secuencia de posición de ponderación-1  $R_{2,0}^{(k)}$  ( $k = 1, 2, \dots, 13$ ) para un 361-ésimo bit de información  $i_{360}$ , y actualiza un  $p_x$  particular, donde  $x$  indica  $R_{2,0}^{(k)}$ . El codificador LDPC actualiza  $p_{\{x+(m \bmod M_1) \times q\} \bmod (N_1 - K_1)}$ ,  $m=361, 362, \dots, 719$  mediante aplicar de manera similar la ecuación (4) a los siguientes 359 bits de información  $i_{361}, i_{362}, \dots, i_{719}$  después de  $i_{360}$ .

Etapa 5: el codificador LDPC repite las etapas 2, 3 y 4 para todos los grupos teniendo cada uno 360 bits de información.

Etapa 6: el codificador LDPC determina finalmente bits de paridad utilizando la ecuación (6).

$$p_i = p_i \oplus p_{i-1}, \quad i = 1, 2, \dots, N_1 - K_1 - 1 \quad \dots \dots \dots (6)$$

Los bits de paridad  $p_i$  de la ecuación (6) son bits de paridad que han recibido codificación LDPC.

5 Tal como se ha descrito anteriormente, en DVB-S2, el codificador LDPC lleva a cabo codificación LDPC mediante el proceso de las etapas 1 a 6.

10 Se sabe bien que el comportamiento del código LDPC está relacionado estrechamente con las características de ciclo del grafo de Tanner. En particular, mediante experimentos se sabe que puede producirse degradación del rendimiento cuando el número de ciclos de longitud corta es mayor en el grafo de Tanner. Por lo tanto, las características del ciclo en el grafo de Tanner deberán tenerse en cuenta para diseñar códigos LDPC con rendimiento elevado.

15 Sin embargo, no se ha propuesto ningún método que diseñe códigos DVB-S2 LDPC que tengan buenas características de ciclo. Para el código DVB-S2 LDPC se observa un fenómeno de suelo de error, a cierta relación señal/ruido (SNR, Signal to Noise Ratio), cuando no se considera la optimización de las características de ciclo del grafo de Tanner. Por estas razones, existe la necesidad de un método capaz de mejorar eficazmente las características de ciclo en el diseño de códigos LDPC que tienen la estructura DVB-S2.

RESUMEN DE LA INVENCION

20 La presente invención se ha realizado para solucionar por lo menos los problemas y/o las desventajas anteriores y para proporcionar por lo menos las ventajas descritas a continuación. Por consiguiente, un aspecto relacionado con la presente invención pero no que forma parte de la misma proporciona un aparato y un método de codificación/descodificación de canal para diseñar una matriz de comprobación de paridad de un código LDPC cuasícíclico diseñado en base a una matriz de permutación circulante para diseñar un código DVB-S2 LDPC en un sistema de comunicación que utiliza códigos LDPC.

25 Otro aspecto relacionado con la presente invención pero que no forma parte de la misma, da a conocer un aparato y un método de codificación/descodificación de canal para diseñar una matriz de comprobación de paridad del mismo código LDPC que el código DVB-S2 LDPC que tenga una buena característica de grafo de Tanner en un sistema de comunicación que utiliza códigos LDPC.

30 De acuerdo con un aspecto relacionado con la presente invención pero que no forma parte de la misma, se da a conocer un método para generar una matriz de comprobación de paridad de un código de comprobación de paridad de baja densidad (LDPC). Se determinan parámetros para diseñar el código LDPC. Se forma una primera matriz de comprobación de paridad de un código LDPC cuasícíclico según los parámetros determinados. Se crea una segunda matriz de comprobación de paridad mediante la eliminación de la parte predeterminada de una parte de paridad en la primera matriz de comprobación de paridad. Se crea una tercera matriz de comprobación de paridad reordenando la segunda matriz de comprobación de paridad.

35 De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se da a conocer un método para codificar un canal en un sistema de comunicación utilizando un código de comprobación de paridad de baja densidad (LDPC). Una matriz de comprobación de paridad almacenada es leída. Una señal recibida es codificada en LDPC utilizando la matriz de comprobación de paridad almacenada. La matriz de comprobación de paridad es dividida en una palabra de información y una paridad. Cuando la tasa de código es de 3/5 y la longitud de la palabra de código es de 16200, la matriz de comprobación de paridad se forma tal como se define en la tabla siguiente:

71	1478	1901	2240	2649	2725	3592	3708	3965	4080	5733	6198
393	1384	1435	1878	2773	3182	3586	5465	6091	6110	6114	6327
160	1149	1281	1526	1566	2129	2929	3095	3223	4250	4276	4612
289	1446	1602	2421	3559	3796	5590	5750	5763	6168	6271	6340

40

(continuación)

947 1227 2008 2020 2266 3365 3588 3867 4172 4250 4865 6290
3324 3704 4447
1206 2565 3089
529 4027 5891
141 1187 3206
1990 2972 5120
752 796 5976
1129 2377 4030
6077 6108 6231
61 1053 1781
2820 4109 5307
2088 5834 5988
3725 3945 4010
1081 2780 3389
659 2221 4822
3033 6060 6160
756 1489 2350
3350 3624 5470
357 1825 5242
585 3372 6062
561 1417 2348
971 3719 5567
1005 1675 2062

5 De acuerdo con otra realización de la presente invención, se da a conocer un método para descodificar un canal en un sistema de comunicación utilizando un código de comprobación de paridad de baja densidad (LDPC). Se extrae una matriz de comprobación de paridad del código LDPC. La descodificación LDPC se lleva a cabo utilizando la matriz de comprobación de paridad extraída. La matriz de comprobación de paridad extraída es dividida en una paridad y una palabra de información. Cuando la tasa de código es de 3/5 y la longitud de la palabra de código es de 16200, la matriz de comprobación de paridad se forma tal como se define en la tabla siguiente:

## ES 2 437 144 T3

71 1478 1901 2240 2649 2725 3592 3708 3965 4080 5733 6198
393 1384 1435 1878 2773 3182 3586 5465 6091 6110 6114 6327
160 1149 1281 1526 1566 2129 2929 3095 3223 4250 4276 4612
289 1446 1602 2421 3559 3796 5590 5750 5763 6168 6271 6340
947 1227 2008 2020 2266 3365 3588 3867 4172 4250 4865 6290
3324 3704 4447
1206 2565 3089
529 4027 5891
141 1187 3206
1990 2972 5120
752 796 5976
1129 2377 4030
6077 6108 6231
61 1053 1781
2820 4109 5307
2088 5834 5988
3725 3945 4010
1081 2780 3389
659 2221 4822
3033 6060 6160
756 1489 2350
3350 3624 5470
357 1825 5242
585 3372 6062
561 1417 2348
971 3719 5567
1005 1675 2062

De acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención, se da a conocer un aparato para codificar un canal en un sistema de comunicación utilizando un código de comprobación de paridad de baja densidad (LDPC). Un



## ES 2 437 144 T3

extractor de matriz de comprobación de paridad de código LDPC lee una matriz de comprobación de paridad almacenada. Un codificador LDPC codifica en LDPC una señal recibida utilizando la matriz de comprobación de paridad almacenada. La matriz de comprobación de paridad es dividida en una paridad y una palabra de información. Cuando la tasa de código es de 3/5 y la longitud de la palabra de código es de 16200, la matriz de comprobación de paridad se forma tal como se define en la tabla siguiente:

5

71 1478 1901 2240 2649 2725 3592 3708 3965 4080 5733 6198
393 1384 1435 1878 2773 3182 3586 5465 6091 6110 6114 6327
160 1149 1281 1526 1566 2129 2929 3095 3223 4250 4276 4612
289 1446 1602 2421 3559 3796 5590 5750 5763 6168 6271 6340
947 1227 2008 2020 2266 3365 3588 3867 4172 4250 4865 6290
3324 3704 4447
1206 2565 3089
529 4027 5891
141 1187 3206
1990 2972 5120
752 796 5976
1129 2377 4030
6077 6108 6231
61 1053 1781
2820 4109 5307
2088 5834 5988
3725 3945 4010
1081 2780 3389
659 2221 4822
3033 6060 6160
756 1489 2350
3350 3624 5470
357 1825 5242
585 3372 6062
561 1417 2348
971 3719 5567
1005 1675 2062

## ES 2 437 144 T3

- 5 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se da a conocer un aparato para descodificar un canal en un sistema de comunicación utilizando un código de comprobación de paridad de baja densidad (LDPC). Un extractor de matriz de comprobación de paridad de código LDPC lee una matriz de comprobación de paridad almacenada. Un descodificador LDPC lleva a cabo descodificación LDPC utilizando la matriz de comprobación de paridad leída. La matriz de comprobación de paridad leída es dividida en una paridad y una palabra de información. Cuando la tasa de código es de 3/5 y la longitud de la palabra de código es de 16200, la matriz de comprobación de paridad está formada tal como se define en la tabla siguiente:

71 1478 1901 2240 2649 2725 3592 3708 3965 4080 5733 6198
393 1384 1435 1878 2773 3182 3586 5465 6091 6110 6114 6327
160 1149 1281 1526 1566 2129 2929 3095 3223 4250 4276 4612
289 1446 1602 2421 3559 3796 5590 5750 5763 6168 6271 6340
947 1227 2008 2020 2266 3365 3588 3867 4172 4250 4865 6290
3324 3704 4447
1206 2565 3089
529 4027 5891
141 1187 3206
1990 2972 5120
752 796 5976
1129 2377 4030
6077 6108 6231
61 1053 1781
2820 4109 5307
2088 5834 5988
3725 3945 4010
1081 2780 3389
659 2221 4822
3033 6060 6160
756 1489 2350
3350 3624 5470
357 1825 5242
585 3372 6062
561 1417 2348

(continuación)

971 3719 5567

1005 1675 2062

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

5 Los anteriores y otros aspectos, características y ventajas de la presente invención resultarán más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada, cuando se tome junto con los dibujos adjuntos, en los cuales:

la figura 1 es un diagrama que muestra una matriz de comprobación de paridad de un código LDPC de longitud 8;

la figura 2 es un diagrama que muestra un grafo de Tanner de una matriz de comprobación de paridad de un código LDPC de longitud 8;

la figura 3 es un diagrama que muestra una estructura esquemática de un código DVB-S2 LDPC;

10 la figura 4 es un diagrama que muestra una matriz de comprobación de paridad de un código DVB-S2 LDPC;

la figura 5 es un diagrama que muestra una matriz de comprobación de paridad generada mediante reordenar columnas y filas en la matriz de comprobación de paridad del código DVB-S2 LDPC de la figura 4, de acuerdo con reglas predeterminadas, según una realización que no forma parte de la presente invención;

15 la figura 6 es un diagrama que muestra una matriz de comprobación de paridad de un código LDPC cuasicíclico necesaria para diseñar un código DVB-S2 LDPC, de acuerdo con una realización que no forma parte de la presente invención;

la figura 7 es un diagrama que muestra el resultado obtenido transformando la matriz de comprobación de paridad del código LDPC cuasicíclico necesaria para diseñar un código DVB-S2 LDPC, de acuerdo con una realización que no forma parte de la presente invención;

20 la figura 8 es un diagrama de flujo que muestra un proceso de diseño de un código DVB-S2 LDPC, de acuerdo con una realización que no forma parte de la presente invención;

la figura 9 es un diagrama que muestra un resultado de simulación por ordenador del código DVB-S2 LDPC, de acuerdo con una realización de la presente invención;

25 la figura 10 es un diagrama de bloques que muestra una estructura de un transceptor en un sistema de comunicación que utiliza el código DVB-S2 LDPC rediseñado, de acuerdo con una realización de la presente invención;

la figura 11 es un diagrama de bloques que muestra una estructura de un aparato de transmisión que utiliza un código LDPC, de acuerdo con una realización de la presente invención;

30 la figura 12 es un diagrama de bloques que muestra una estructura de un aparato de recepción que utiliza un código LDPC, de acuerdo con una realización de la presente invención; y

la figura 13 es un diagrama de flujo que muestra una operación de recepción de un aparato de recepción que utiliza un código LDPC, de acuerdo con una realización de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE REALIZACIONES PREFERIDAS

35 Se describen en detalle realizaciones preferidas de la presente invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos. Los componentes iguales o similares se indican mediante numerales de referencia iguales o similares aunque se muestren en dibujos diferentes. Pueden haberse omitido descripciones detalladas de construcciones o procesos conocidos en la técnica, para evitar oscurecer la materia de la presente invención.

La presente invención da a conocer un método para diseñar un código DVB-S2 LDPC que tiene una buena característica de grafo de Tanner. Además, la presente invención da a conocer un método para generar una palabra

de código LDPC utilizando una matriz de comprobación de paridad del código LDPC diseñado anteriormente, y un aparato para lo mismo.

5 A continuación, se describen características estructurales de un código DVB-S2 LDPC utilizando una matriz de comprobación de paridad de un código DVB-S2 LDPC mostrada en la figura 4. Para matriz de comprobación de paridad mostrada en la figura 4,  $N_1=30$ ,  $K_1=15$ ,  $M_1=5$  y  $q=3$ , y las secuencias de posición de ponderación-1 de las filas para las columnas 0-ésimas en los tres grupos de columnas son las siguientes:

012

0 11 13

01014

En este caso, una secuencia de posición de ponderación-1  $i$ -ésima en la línea  $i$ -ésima representa secuencialmente la información sobre las posiciones de las filas con 1 en el grupo de columnas  $i$ -ésimo.

10 La matriz de comprobación de paridad de la figura 4 es reconstruida según las reglas siguientes. La figura 4 es un diagrama que muestra una matriz de comprobación de paridad de un código DVB-S2 LDPC.

Regla 3: las filas 0-ésima hasta  $(N_1-K_1-1)$ -ésima son reordenadas de manera que una fila  $(q \cdot i+j)$ -ésima es situada en una fila  $(M_1 \cdot j+i)$ -ésima, donde  $0 \leq i \leq M_1$  y  $0 \leq j < q$ .

Regla 4: manteniéndose intactas las columnas 0-ésima hasta  $(K_1-1)$ -ésima, las columnas  $K_1$ -ésima hasta  $(N_1-1)$ -ésima son reordenadas de manera que una columna  $(K_1+q \cdot i+j)$ -ésima es situada en una columna  $(K_1+M_1 \cdot j+i)$ -ésima.

15 Una matriz de comprobación de paridad con una forma mostrada en la figura 5 se obtiene mediante reconstruir la matriz de comprobación de paridad de la figura 4, según la regla 3 y la regla 4. La figura 5 muestra una matriz de comprobación de paridad generada reordenando columnas y filas en la matriz de comprobación de paridad del código DVB-S2 LDPC de la figura 4, de acuerdo con reglas predeterminadas, según una realización de la presente invención.

20 Si en la figura 5 se asume que existe '1' en una columna  $(N_1-1)$ -ésima en una fila 0-ésima, puede apreciarse que la matriz de comprobación de paridad de la figura 5 corresponde a una clase de código LDPC cuasiperiódico que consiste en una matriz de permutación circulante con un tamaño de  $M_1 \times M_1$ , es decir  $5 \times 5$ . La 'matriz de permutación circulante' se define como una clase de matriz de permutación creada mediante desplazar de forma circular filas en matrices identidad hacia la derecha, de una en una. Además, el 'código LDPC cuasiperiódico' se define como una clase de código LDPC creado dividiendo una matriz de comprobación de paridad en varios bloques del mismo tamaño y mapeando matrices de permutación circulantes o matrices cero, a los bloques.

25 En resumen, se comprenderá que puede obtenerse una matriz de comprobación de paridad similar al código LDPC cuasiperiódico mediante reconstruir según la regla 3 y la regla 4 una matriz de comprobación de paridad del código DVB-S2 LDPC. Asimismo, se considera que puede generarse el código DVB-S2 LDPC a partir del código LDPC cuasiperiódico mediante el proceso inverso de la regla 3 y la regla 4.

30 Si bien no existen resultados de investigación conocidos sobre el código DVB-S2 LDPC, existen muchos métodos de diseño conocidos para el código LDPC cuasiperiódico. Los métodos de diseño para el código LDPC cuasiperiódico incluyen métodos bien conocidos para optimizar características de ciclo sobre el grafo de Tanner.

35 Una realización que no forma parte de la invención propone un método para diseñar un código DVB-S2 LDPC utilizando el método bien conocido para mejorar características de ciclo sobre el grafo de Tanner del código LDPC cuasiperiódico. Sin embargo, dado que el método para mejorar características de ciclo del código LDPC cuasiperiódico está relacionado sólo indirectamente con la presente invención, para mayor simplicidad se omitirá una descripción detallada del mismo.

40 A continuación, se proporciona una descripción de un método para diseñar un código DVB-S2 LDPC utilizando un código LDPC cuasiperiódico. El código DVB-S2 LDPC tiene una longitud de palabra de código  $N_1$ , una longitud de información  $K_1$  y una longitud de paridad  $(N_1-K_1)$ , y  $q=(N_1-K_1)/M_1$ .

45 En la figura 6 se muestra una matriz de comprobación de paridad de un código LDPC cuasiperiódico. La figura 6 es un diagrama que muestra una matriz de comprobación de paridad de un código LDPC cuasiperiódico necesaria para diseñar un código DVB-S2 LDPC, de acuerdo con una realización de la presente invención. La matriz de comprobación de paridad mostrada en la figura 6 tiene  $(N_1-K_1)$  filas y  $N_1$  columnas, y está dividida en bloques

parciales  $M_1 \times M_1$ . Para mayor comodidad, si  $t=K_1/M_1$ , una parte de información y una parte de paridad en la matriz de comprobación de paridad de la figura 6 consisten en  $t$  bloques de columnas y  $q$  bloques de columnas, respectivamente, y tienen un total de  $q$  bloques de filas. En este caso,  $N_1/M_1=t+q$ .

5 Los bloques parciales respectivos que constituyen la matriz de comprobación de paridad de la figura 6 corresponden a matrices de permutación circulante o matrices cero. En este caso, la matriz de permutación circulante tiene un tamaño de  $M_1 \times M_1$ , y está creada en base a una matriz de permutación circulante  $P$ , que se define como:

$$P = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

En la figura 6,  $a_{ij}$  es un entero de 0 a  $M_1-1$  o un valor de  $\infty$ ,  $P^0$  está definida como una matriz identidad  $I$ , y  $P^\infty$  indica una matriz cero  $M_1 \times M_1$ . Asimismo, los numerales '0' en la parte de paridad indican matrices cero  $M_1 \times M_1$ .

10 La matriz de comprobación de paridad de la figura 6 está caracterizada porque los bloques de columnas correspondientes a la paridad tienen matrices identidad  $I$  y una matriz de permutación circulante  $P^{M_1-1}$ , tal como se muestra en el dibujo. En otras palabras, los bloques de columnas correspondientes a la paridad son fijos en la estructura mostrada en la figura 6. La matriz de permutación circulante  $P^{M_1-1}$  se define como:

$$P^{M_1-1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \\ 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

15 El código LDPC cuasícíclico mostrado en la figura 6 es la parte que permanece invariante en el proceso de optimización de ciclos del código LDPC cuasícíclico cuando las estructuras de los bloques de columnas correspondientes a su parte de paridad están fijas. En otras palabras, dado que los bloques de columnas correspondientes a la parte de paridad están fijos en la matriz de comprobación de paridad de la figura 6, las conexiones entre nodos variables correspondientes a la paridad se determinan sobre el grafo de Tanner, de manera que solamente es necesario optimizar las conexiones entre nodos variables correspondientes a la parte de información, a efectos de optimizar ciclos del grafo de Tanner.

20 Tal como se ha descrito anteriormente, existen muchos métodos conocidos para optimizar características de ciclo sobre el grafo de Tanner del código LDPC cuasícíclico. Dado que el método de diseño para el código LDPC cuasícíclico con un grafo de Tanner con las características de ciclo optimizado está relacionado solamente de manera indirecta con la presente invención, en la presente descripción se omitirá una descripción detallada del mismo.

25 Se asume que se determina una distribución de grados para mostrar un comportamiento excelente en el estado en que la estructura de la parte de paridad está fija en la matriz de comprobación de paridad cuasícíclica de la figura 6, mediante el método de diseño para el código LDPC cuasícíclico. Las posiciones de la matriz de permutación circulante y de las matrices cero se determinan en los bloques de columna correspondientes a la parte de información, de acuerdo con la distribución de grados. Se optimizan las características de ciclo del grafo de Tanner.

30 La forma de la figura 7 puede realizarse, por ejemplo, mediante eliminar '1' de la última columna en la primera fila en la matriz de permutación circulante  $P^{M_1-1}$  correspondiente al último bloque de columnas ( $N_1/M_1$ )-ésimo o  $(t+q)$ -ésimo en el primer bloque de filas en la matriz de comprobación de paridad de la figura 6. La figura 7 es un diagrama que muestra el resultado obtenido transformando la matriz de comprobación de paridad del código LDPC cuasícíclico necesaria para diseñar un código DVB-S2 LDPC, de acuerdo con una realización que no forma parte de la presente invención.

Debe observarse que en la figura 7 la matriz de permutación circulante  $P^{M_1-1}$  se convierte en la siguiente matriz  $Q$ .

$$Q = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Se definen las siguientes regla 5 y regla 6 para aplicar el proceso inverso a la regla 3 y la regla 4.

5 Regla 5: manteniéndose intactas las columnas 0-ésima hasta  $(K_1-1)$ -ésima, se reordenan las columnas  $K$ -ésima hasta  $(N_1-1)$ -ésima de manera que la columna  $(K_1+M_1 \cdot j+i)$ -ésima es situada en una columna  $(K_1+q \cdot i+j)$ -ésima, donde  $0 \leq i < M_1$  y  $0 \leq j < q$ .

Regla 6: se reordenan las filas 0-ésima hasta  $(N_1-K_1-1)$ -ésima, de manera que una fila  $(M_1 \cdot j+i)$ -ésima se sitúa en una fila  $(q \cdot i+j)$ -ésima.

10 La matriz de comprobación de paridad del código LDPC generado a partir del código LDPC cuasicíclico de la figura 6 mediante el proceso descrito anteriormente aplicando la regla 5 y la regla 6, se convierte en la matriz de comprobación de paridad que tiene la forma del código DVB-S2 LDPC mostrado en la figura 3, por ejemplo. El método descrito anteriormente para diseñar una matriz de comprobación de paridad de DVB-S2, en el que su palabra de código, y sus longitudes de información y de paridad son  $N_1$ ,  $K_1$  y  $(N_1-K_1)$ , respectivamente, y  $q=(N_1-K_1)/M_1$ , puede resumirse en el proceso siguiente.

Proceso de diseño de código DVB-S2 LDPC

15 La figura 8 es un diagrama de flujo que muestra un proceso de diseño de un código DVB-S2 LDPC, de acuerdo con una realización que no forma parte de la presente invención.

20 Haciendo referencia a la figura 8, en la etapa 801 se determinan parámetros necesarios para diseñar un código DVB-S2 LDPC deseado. En la presente descripción, se asume que los parámetros tales como una longitud de palabra de código y una longitud de información así como la distribución de grados válida, se han determinado previamente al diseño del código DVB-S2 LDPC.

A continuación, en la etapa 803, una matriz de comprobación de paridad de un código LDPC cuasicíclico que consiste en matrices de permutación circulares  $M_1 \times M_1$  y matrices cero tal como se muestra en la figura 6, se forma según los parámetros definidos en la etapa 801. En la figura 6, los bloques de columnas correspondientes a una parte de paridad están siempre fijos a una forma específica.

25 En la etapa 805, se determinan matrices de permutación circulares, de bloques de columnas correspondientes a una parte de información de la figura 6, mediante aplicar un algoritmo para mejorar características de ciclo de un grafo de Tanner del código LDPC cuasicíclico. En la presente descripción puede utilizarse cualquier algoritmo conocido para mejorar características de ciclo.

30 En la etapa 807, se obtiene una matriz de comprobación de paridad mostrada en la figura 7, por ejemplo, mediante eliminar '1' de la última columna en la primera fila en la matriz de comprobación de paridad de la figura 6, que se ha determinado en la etapa 805.

En la etapa 809, se reordenan columnas y filas en la matriz de comprobación de paridad de la figura 7 mediante aplicar la regla 5 y la regla 6 a la matriz de comprobación de paridad de la figura 7. La matriz de comprobación de paridad obtenida finalmente puede ser el código DVB-S2 LDPC mostrado en la figura 3, por ejemplo.

35 Puede generarse una palabra de código mediante aplicar el proceso de codificación de DVB-S2 LDPC descrito anteriormente, al código LDPC diseñado mediante las etapas anteriores.

Para analizar el rendimiento del código DVB-S2 LDPC, se ha diseñado un código DVB-S2 LDPC que tiene los parámetros siguientes. Por ejemplo,

$$N_1=64800, K_1=38880, M_1=360, q=72$$

## ES 2 437 144 T3

5 Para diseñar códigos DVB-S2 LDPC con tasas 3/5 que tengan los parámetros anteriores, pueden obtenerse las matrices de comprobación de paridad mostradas en la tabla 1 y la tabla 2, por ejemplo, a partir de un código LDPC cuasiperiódico que tiene un total de  $N_1/M_1=180$  bloques de columnas y  $q=(N_1-K_1)/M_1=72$  bloques de filas, mediante aplicar el proceso de diseño de código DVB-S2 LDPC. Una secuencia de posición de ponderación-1  $i$ -ésima en una columna  $i$ -ésima representa secuencialmente la información sobre las posiciones de las filas con 1 en un grupo de columnas  $i$ -ésimo.

Tabla 1

1443 3685 4728 5466 7771 9999 16155 17401 21311 21467 23168 24511
664 3974 5090 7327 8542 10468 11150 13508 17161 17754 19402 19447
2405 3298 3552 6482 11801 12626 14735 14828 16324 20133 21078 22381
658 3063 9064 10137 11859 12209 12669 14316 15564 17804 19510 21077
4235 6052 7528 9935 11629 12825 12966 17595 21024 21298 22559 24356
87 6396 8610 12968 13554 13692 15316 18113 18989 21291 23791 24092
8 217 1180 5344 5766 5971 8402 9481 9547 11091 12801 20487
7857 9024 9949 13571 13600 14349 16994 17882 21107 21305 24110 24281
1415 4432 6404 7018 10794 12967 15336 16086 18241 19306 21213 22093
4167 4280 4929 4950 6643 9022 17030 17205 19445 20881 22678 24077
1812 6248 6683 7621 8726 13474 14664 15029 15949 20484 23069 24146
1553 4371 5291 7624 8369 12217 12502 12583 13031 19776 22479 23013
8 2805 3767 8608 9463 11572 13870 15406 16869 19027 19980 24586
1818 1874 2110 4613 6487 7224 14155 14295 20169 20226 24628 25760
4220 6249 12431 15579 16982 17754 18174 18532 19503 20304 20718 20990
947 981 2068 2617 3542 6488 13023 15530 19507 19977 20722 21260
2814 4849 5829 7501 14442 15506 16426 17560 20680 21655 21920 23305
7 5115 7788 12129 13067 13711 14689 16032 20143 20446 20660 24232
1307 5173 7668 10268 10968 11101 12953 13654 16395 19507 25401 25404
3 66 1625 8585 11357 12702 13287 14964 16610 18527 20961 21771
448 2453 5204 10643 11729 12590 14828 15422 16434 17543 19834 20231
6449 8048 8524 10455 13086 15586 16664 19441 20901 23170 25708 25859
6 1977 3407 3962 6229 7365 11419 12341 16107 18360 23275 23894
4 71 962 6399 6524 6590 9245 9967 13008 14082 18454 18917

# ES 2 437 144 T3

(continuación)

8 27 6373 7033 11751 18693 18861 21275 22883 24216 24366 24418
64 650 5561 7545 13030 15420 17359 18182 20500 21193 22374 23173
4122 5792 11210
5868 9919 10606
3548 9043 24036
10531 20824 24231
12974 16474 24561
6835 15985 17032
6486 7688 11207
1001 6483 17352
19453 21954 24814
388 5878 6620
4321 6685 12605
15532 18878 22727
95 4074 21010
24 1449 21095
5732 5787 21031
14052 21118 22883
1277 4555 15976
2131 14871 19508
26 16749 20090
6509 11083 18303
1828 2969 25240
1563 12973 17966
11905 13176 18515
10569 11701 15655
5316 8695 19458



(continuación)

6330 19445 22931
12274 12966 13750
6545 13944 23585
2091 12976 24660
6501 18390 24255
3230 8792 12992
11530 12561 23764
524 2569 18992
6246 12960 13082
9933 21798 23789
10298 17400 25810
50 324 20781
6273 14257 23854
8193 13031 19453
4025 11432 20118
13699 15403 25227
6025 14453 19452
19098 19465 22029
6524 13300 15645
10108 20846 22452
3028 6527 24879
1589 18042 20967
11794 19070 23250
6504 12992 15212
8 3171 7459
13355 15520 17438
12184 22327 24359

(continuación)

133 17306 22042
8623 11511 12971
2841 12934 23320
3875 13011 20825
11047 12966 25484
6491 7073 8539
6521 13861 19465
6545 15214 21454
9768 19472 21803
6546 8893 14660
1171 12973 23624
6482 8991 12988
13007 15030 19463
6511 15494 24552
40 6533 13022
13012 24346 25124
6487 8745 16529
13021 19079 21636
69 12963 13018
6506 6536 8224
3889 19054 19458
4787 4988 19469
24 5844 23621
11508 16029 19446
55 1042 6547
14398 14427 23730
38 49 19449

# ES 2 437 144 T3

(continuación)

6544 13010 15495
4036 7734 12651
57 12981 22287

Tabla 2

1096 5305 7922 9029 9900 11901 13025 13052 13129 13325 13655 14723
1394 1860 6369 7264 8430 9676 10812 15647 18305 23208 23745 23826
770 2568 3964 5173 6526 6920 7003 10710 12819 15549 16488 25759
51 693 3004 9322 10614 11173 14481 15351 17204 24347 24595 25066
5823 6733 8535 11633 12278 13266 14804 16227 18147 21946 22918 25486
3435 3718 4487 4955 5256 8584 12007 13417 14215 17230 19400 20982
844 1833 6682 6715 7028 9774 10242 16051 18866 22429 23751 24727
330 1481 2318 3851 4719 5306 11620 11809 13829 13992 19885 25341
2231 3656 4723 7860 12123 13390 16365 17923 19086 23028 23324 23984
515 3130 13252 14250 16261 16907 18400 18900 20512 22911 23030 23761
4449 6633 13133 16253 20114 21157 21213 21287 23287 23942 24401 24811
1365 1560 2416 3866 4743 6641 12645 12802 13978 21478 22017 22564
996 1168 2095 2393 2846 4283 10876 11528 12414 15516 19867 23249
2278 3803 3922 8045 10512 11485 11605 13057 19340 21857 21971 23766
2252 3454 5978 6040 8378 11319 12461 13080 16013 19436 20070 22569
2346 2879 7004 8175 8227 8589 8850 9291 12756 15786 16971 23159
81 1790 1976 3361 7529 7902 8299 11663 13327 14484 16468 20032
1284 3267 3647 4207 4834 5596 9554 11103 16921 20328 20697 23312
890 10978 12966 13432 16008 20137 20523 21172 23970 25157 25430 25759
7192 13142 15433 15507 15786 19229 19941 20456 20638 21009 25255 25838
678 1316 1858 5998 7537 8281 10923 15597 17389 18691 22102 25100
5819 6861 10626 10992 11039 13808 16495 16523 17437 20789 23463 24419

# ES 2 437 144 T3

(continuación)

468 1289 4394 10112 10247 11168 15397 22042 22099 24220 24531 25142
1558 3264 3909 4121 6949 7547 9255 9428 9978 14409 19324 23040
3270 7693 10988 11129 12729 13188 13226 13386 17316 17549 21330 23577
924 3985 7216 8509 8931 9366 13032 17083 17111 19413 24966 24970
2589 7528 14343 15335 16060 17746 18259 20225 21262 23463 23524 25807
13718 18101 23423
3179 16321 23323
11120 14943 15049
10879 19035 21668
2393 8558 22850
6706 19748 24659
10136 15125 20390
9513 15535 18696
3964 5032 12598
10242 23055 25367
650 7353 20597
3162 11002 23839
2153 3077 20395
683 1000 13632
13182 17324 21766
5786 9155 19620
8529 11438 17005
217 5946 25640
6123 9532 17184
8975 10931 16954
14656 16394 22092
6145 13246 22376

# ES 2 437 144 T3

(continuación)

18444 18915 21312
2115 14365 24194
11032 18236 20659
14486 22575 24669
15679 20943 25653
6881 7592 20934
777 14645 22876
8470 11263 17125
11159 22718 24692
18809 22677 23161
6430 15890 19898
10721 15342 19263
637 12008 19972
3327 14142 17132
6626 8278 17470
579 20337 25099
3141 13081 14315
9504 17357 23204
16253 20890 24073
1876 16146 21682
5310 5571 22570
17297 19348 19472
7100 13243 18153
8567 16070 17399
4279 13069 20035
14532 22925 25387
3579 4166 12336

# ES 2 437 144 T3

(continuación)

108 2130 7119

12189 13790 16122

12757 16705 25768

372 8248 18808

3107 10254 19423

3839 22965 23458

545 3895 10707

5271 11433 21752

798 1056 17532

471 754 15973

1425 11664 23858

20057 20639 21091

13907 14433 19007

16080 20032 24955

1398 14507 19154

6916 17780 24110

416 16393 17534

9800 10659 22341

13674 17377 17743

163 13792 19756

1421 12948 19238

2714 19233 25264

3113 15257 24463

2182 2532 9118

8647 12629 16846

3275 17252 18700

3529 18768 20538

(continuación)

2290 9906 11818
824 2180 10139
12309 17149 25813
2093 5279 20214
3843 19791 25029

Además, se ha diseñado un código DVB-S2 LDPC que tiene los parámetros siguientes. Por ejemplo,

$$N_1=16200, K_1=9720, M_1=360, q=18$$

- 5 Para diseñar códigos DVB-S2 LDPC con tasas 3/5 que tengan los parámetros anteriores, pueden obtenerse las matrices de comprobación de paridad mostradas en las tablas 3 a 6, por ejemplo, a partir de un código LDPC cuasiperiódico que tiene un total de  $N_1/M_1=45$  bloques de columnas y  $q=(N_1-K_1)/M_1=18$  bloques de filas, mediante aplicar el proceso de diseño de código DVB-S2 LDPC. Debe observarse que una secuencia de posición de ponderación-1  $i$ -ésima en una columna  $i$ -ésima representa secuencialmente la información sobre las posiciones de las filas con 1 en un grupo de columnas  $i$ -ésimo.
- 10

Tabla 3

71 1478 1901 2240 2649 2725 3592 3708 3965 4080 5733 6198
393 1384 1435 1878 2773 3182 3586 5465 6091 6110 6114 6327
160 1149 1281 1526 1566 2129 2929 3095 3223 4250 4276 4612
289 1446 1602 2421 3559 3796 5590 5750 5763 6168 6271 6340
947 1227 2008 2020 2266 3365 3588 3867 4172 4250 4865 6290
3324 3704 4447
1206 2565 3089
529 4027 5891
141 1187 3206
1990 2972 5120
752 796 5976
1129 2377 4030
6077 6108 6231
61 1053 1781
2820 4109 5307

# ES 2 437 144 T3

(continuación)

2088 5834 5988
3725 3945 4010
1081 2780 3389
659 2221 4822
3033 6060 6160
756 1489 2350
3350 3624 5470
357 1825 5242
585 3372 6062
561 1417 2348
971 3719 5567
1005 1675 2062

Tabla 4

659 1334 1693 1719 2350 3788 4895 5431 5742 6060 6108 6448
289 888 1831 2534 3463 4498 4644 4900 5219 5790 5807 6297
845 991 2062 2965 3317 3800 3864 4617 4695 4858 5138 5925
245 1065 1616 3372 3996 4263 4556 5117 5311 5732 6160 6469
140 731 1139 1525 2493 2995 3558 3952 4678 5328 5834 5982
197 240 656 1116 1576 2143 2445 2500 5079 5306 5376 6268
4468 5237 5679
751 4161 4667
1343 6014 6109
3445 3567 5589
2731 4932 5866
5 11283 565
42 3323 3392



# ES 2 437 144 T3

(continuación)

2666 4713 6119
946 3479 4265
356 3010 5443
5469 6142 6319
3008 5768 6061
694 2127 3324
2225 3398 5310
1330 2007 3728
293 1989 6192
1349 2713 5119
879 1416 1770
1906 4414 5987
1382 2402 6069
2269 5136 5716

Tabla 5

237 688 782 1184 1683 1946 2681 3955 4458 4582 4709 5352
181 801 882 1771 2190 2427 3206 3569 3934 4553 5218 6344
158 555 1371 1429 1495 2713 3274 4450 4968 5982 5987 6287
196 694 1375 1863 2272 3383 3794 4124 4128 4359 4961 5070
436 1147 1494 2415 2746 3281 3311 4130 4191 5077 5236 6199
330 354 488 536 1045 1052 1527 2165 2349 2520 3865 4403
139 256 1015 1499 2148 2511 3056 3863 3871 4878 5096 5865
2361 3738 6118
431 1322 6382
4124 4264 5950
1329 1482 3097

# ES 2 437 144 T3

(continuación)

293 584 3557
2740 3951 5612
1209 5305 5994
1568 3697 5651
1905 3514 3702
355 1348 4025
2220 4940 5270
653 2863 5903
1342 1699 6120
750 1575 3728
1043 1127 5763
1003 3352 5678
945 2993 3076
753 957 5731
2916 4008 4272
878 1396 3061

Tabla 6

242 1940 2093 3364 3493 3738 3952 5305 5443 5583 5708 6027
355 1348 1868 2382 2471 3702 3863 4438 5109 5188 5742 6266
1173 1635 2046 2076 2349 2879 3716 4118 4141 4495 4808 5320
978 1865 2199 2259 2684 4414 4570 4626 5119 5891 6099 6137
554 581 584 1342 1381 1672 4008 5173 5260 5633 5652 6249
157 200 1472 2068 2201 2829 2852 3322 3429 3547 4302 6293
203 1575 2297 2347 2742 2810 5201 5311 5613 5637 6060 6142
786 1482 1487 1519 1707 1972 3793 4414 4591 5650 5678 6228
1526 2393 3735

(continuación)

3121 4263 5251
1631 2636 3371
1061 1146 4503
410 1374 2088
148 2270 4780
1675 3753 3787
3714 4589 6148
234 1222 5981
1328 2143 5250
1557 3526 3728
875 1347 5421
2006 3869 4684
2976 4027 6159
657 2916 4819
1416 3316 6405
212 1988 5888
353 3166 5767
239 4123 5788

5 En la figura 9 se muestra una comparación del rendimiento entre el código DVB-S2 LDPC recién diseñado y el código DVB-S2 LDPC existente. La figura 9 es un diagrama que muestra un resultado de simulación por ordenador del código DVB-S2 LDPC, de acuerdo con una realización de la presente invención.

10 Se apreciará que cuando un canal de ruido blanco gaussiano aditivo (AWGN, Additive White Gaussian Noise) utiliza un esquema de modulación consistente en modulación por desplazamiento de fase binario (BPSK, Binary Phases Shift Key), se realiza una mejora del rendimiento de aproximadamente 0,15 dB, a  $BER=10^{-4}$ . La mejora del rendimiento de un código DVB-S2 LDPC de tasa 3/5 puede conseguirse cambiando simplemente información sobre la matriz de comprobación de paridad mostrada en las tablas 1 a 6.

El proceso de diseño de código DVB-S2 LDPC descrito haciendo referencia la figura 8 puede utilizarse, no sólo para la tasa de código de 3/5 sino asimismo para otras tasas de código. Se diseñó el código DVB-S2 LDPC con los parámetros siguientes, como un ejemplo para diseñar un código LDPC DVB S2 que tenga otra tasa de código.

$$N_1=64800, K_1=43200, M_1=360, q=60$$

15 Para diseñar códigos DVB-S2 LDPC con tasa 2/3 que tengan los parámetros anteriores, pueden obtenerse matrices de comprobación de paridad mostradas en las tablas 7 a 10, por ejemplo, a partir de un código LDPC cuasiperiódico

# ES 2 437 144 T3

que tiene un total de  $N_1/M_1=180$  bloques de columnas y  $q=60$  bloques de filas, mediante aplicar el proceso de diseño de código DVB-S2 LDPC de la figura 8.

Tabla 7

1264 2463 2556 3073 4370 12739 15418 16124 19807 19841 21010 21125 21171			
113 1852 3132 4996 5975 9197 9655 11694 13480 17613 18031 20266 20346			
444 3661 3722 5295 7401 8545 9028 10608 11828 14216 15585 20012 20577			
90 2079 6806 7162 7889 10969 11718 13211 13963 14300 15009 19379 20487			
2281 4322 5742 6974 7537 8903 13268 13439 17747 19986 20312 21388 21514			
271 1258 1720 1865 4339 7416 8198 8276 9832 14358 15553 15923 19689			
467 3367 3840 4942 6852 7525 8146 12648 14794 16503 17426 18327 19041			
1371 1602 11655 12611 14689 15360 15584 16913 18210 18357 18680 18734 19418			
3500 7181 7332 7679 9399 10942 11205 12514 17057 17928 18245 18264 20196			
187 961 1803 3439 3794 4518 8365 11201 14023 15238 16136 19487 20296			
455 4544 5241 7450 9100 11606 11948 14433 14874 15628 16082 17704 19351			
695 1929 5346 5497 7349 12046 17357 17372 17631 18109 18267 18475 19273			
1298 2951 17635			
495 650 11677			
653 6222 14805			
2274 9690 9743	11297 12566 14567	7281 17654 18609	2473 4923 14331
8760 14044 16012	8090 8146 19442	3449 12890 14460	839 6233 7840
8056 12933 15269	8493 10366 12434	701 9649 19076	1398 10270 13605
4243 9339 12774	3696 7696 15628	243 3130 11099	2097 4649 11467
2312 12024 20290	261 617 13196	7141 9684 10778	3530 5765 8743
4289 7187 16359	2958 5334 16260	10522 11425 13137	15475 16902 19208
1641 9284 17750	16845 17701 19088	5056 17464 21164	6993 12521 13333
7204 12854 14335	2552 16078 21113	542 4952 18819	5740 12083 19726
7387 8400 14186	3517 19451 20524	2616 4435 17063	3732 6440 7141
13818 16533 17156	11543 12109 12852	3348 5781 20818	9088 9154 12468
1677 1816 3263	5479 13538 18909	7087 11933 17417	2869 4396 8334

# ES 2 437 144 T3

(continuación)

13150 13303 19272	2812 10594 11226	2612 3810 17336	6532 9457 14387
4433 16449 17397	6067 13659 19220	4328 11051 16035	7824 15244 20490
2188 5399 6750	6052 15205 17475	14374 15355 19910	4762 5874 12092
1625 7808 13669	3867 8650 17070	786 2520 7181	3231 8278 11367
1550 13884 17080	12553 20803 21588	17949 18263 19304	617 1563 2558
397 1801 7368	2411 3051 3354	5927 8048 13352	13411 15600 20409
2078 6302 14741	12454 18224 18506	504 7858 10998	3199 10422 11726
1153 2182 12546	4764 12313 16627	5135 13350 13392	889 7870 17425
8916 10519 12615	2562 8849 13143	3267 5581 21485	255 4679 20435
2255 10785 10851	6887 14015 18545	2318 10942 16588	4184 5153 19022
11862 15991 19165	10191 10519 13960	1460 19516 21166	4031 5859 18296
10594 13083 18567	8780 11212 18703	4248 14884 19339	2069 3014 13605
9659 13315 19220	4451 10126 19926	3565 9362 19476	4761 7956 14946
4411 13061 16858	273 6075 16827	703 4291 20357	
3702 7702 16415	5188 11832 21198	1154 6086 20199	
4420 5825 8937	6631 12585 17797	3537 14257 1 7073	

Tabla 8

1970 4567 4933 5884 6610 7776 10431 11744 13263 15185 15418 18761 19939
293 1566 2735 3136 3346 4434 6552 9213 9220 9655 10192 11551 12377
5545 5805 6688 7676 7737 10608 10821 13742 16155 16472 16644 18128 18961
131 1669 2487 2683 9920 11546 14178 17549 17589 18939 18990 20099 20602
827 6988 7559 8262 8543 9157 12214 13501 14702 14886 17612 19568 20174
319 2949 3176 4458 4660 4693 6516 9358 9638 12451 17363 19072 20465
2247 3685 5887 8220 10161 11846 11866 12423 16968 19067 19932 20074 21262
71 2475 5382 8654 11157 12390 13980 14600 15104 15231 15533 16538 17929
2064 2819 4476 4882 9394 11660 12948 14705 15977 19965 20172 20801 20859

# ES 2 437 144 T3

(continuación)

187 356 2581 3794 4518 6079 8563 8698 10276 10345 10541 12483 18467			
455 584 4674 5920 7810 10408 11606 12308 15484 16653 17882 18211 19101			
329 1566 2026 3927 6673 9595 10251 12409 17357 18729 18992 19955 20017			
2635 3398 12371			
495 650 19537			
8865 11142 14333			
13050 14094 20783	9266 11297 21407	3141 17654 18609	2473 4923 21591
8760 12712 18364	6646 8090 11522	3449 6960 19670	839 7073 11080
2729 9916 19353	2866 4694 20733	1669 5981 10196	1398 3610 20085
5259 8623 12774	3696 11956 15388	3130 8939 21543	2097 4649 11467
2170 10952 21564	617 14721 21296	7141 9684 16118	3530 7325 10063
2129 7547 10119	2958 5334 16260	7617 13945 21502	15475 16902 19208
8721 10184 17750	12825 19088 19681	5056 17464 18584	573 5261 13333
10495 12854 21364	10438 14633 18512	542 4952 10059	10600 12083 19726
4087 5966 8400	6484 16837 19451	2616 4435 20843	2120 3732 9721
7616 17373 19278	5449 12852 16223	2988 13341 20818	9088 9274 12048
1816 8423 20097	3079 13538 18909	4253 13327 17417	4396 8334 14869
13150 14683 19272	10746 11554 11692	1312 13350 17336	6532 13357 14387
4433 16449 17397	6067 7299 12860	4328 11051 16035	1410 1824 15244
6750 7799 17848	15205 17595 21052	12410 15355 18334	562 5874 12092
7808 16309 16745	30 6670 11367	3401 17286 19020	3231 17338 21387
13600 13910 18384	7488 9943 12433	743 17624 19089	617 1563 9938
3301 19057 21168	2411 3354 15051	5927 8048 18092	13411 15600 20409
7301 17498 20702	3524 4834 13406	10998 13344 15958	3199 4782 17486
7522 12546 15253	12313 16627 18444	4775 13350 13392	7870 14029 17425
3576 10519 12555	10662 14883 17849	5581 9087 21485	8039 10875 20435
1115 6225 9591	1475 13967 18545	2318 5842 16588	5153 17924 19022

# ES 2 437 144 T3

(continuación)

11971 12462 14005	10780 11479 15231	7486 8840 19516	1976 7899 15311
6334 8727 10383	472 14743 17420	1728 14224 19339	2069 3014 13605
1435 9659 15260	4126 4451 19926	9362 13645 19476	2241 7956 14946
4781 9118 12691	9153 12495 16827	4291 16063 20357	
16595 16762 20022	9148 11832 21198	1154 6219 13646	
8937 12665 15700	4951 5745 14797	1057 12357 17073	

Tabla 9

2599 2998 3291 3793 4567 5644 7476 8945 9250 11630 12041 12344 19983			
113 5946 6640 7426 7577 10233 10831 12335 15672 15976 17995 20152 20514			
1944 3315 4168 6117 6661 8745 10508 10608 10821 11636 12212 15145 19082			
5549 7899 10946 11962 12090 17083 17847 18440 19631 20039 20089 20589 21258			
239 3726 7468 7981 10028 11317 12462 15272 17747 19262 19403 20174 21514			
563 2018 3439 4693 5458 7056 9391 9665 9832 10569 13076 14598 18340			
467 5607 5665 6934 8062 9706 10101 10572 12288 15067 16083 17520 20906			
311 1489 2790 3597 14820 15231 15255 15398 17333 18042 18224 18680 19454			
2399 4145 4176 4659 6197 11205 12514 12620 17261 17928 20292 21384 21442			
2716 3794 6478 7567 10083 10345 10541 13543 16561 16638 17876 19459 19487			
2034 3004 6284 9100 11606 12393 13821 14548 14731 15790 16208 19442 21095			
695 895 3606 5787 6673 7232 7357 7546 13517 14409 17631 18089 18109			
1871 17078 17635			
650 3495 19537			
13253 14562 21465			
17010 18503 21534	4877 11066 14567	13694 17241 18609	8463 14331 19453
772 8760 14044	2450 8146 19442	3449 6960 19670	839 6233 11080
15796 17669 19353	9466 10514 20733	5801 8809 15536	1398 10270 18705
4303 9339 12774	3696 5116 15388	243 3130 11099	2097 4649 11467

# ES 2 437 144 T3

(continuación)

9864 10810 18992	681 12437 13196	7141 8258 9684	3530 11143 16025
1649 11507 16359	4638 5334 16260	10462 13945 14037	11515 16902 19208
530 11504 17421	285 11341 19088	15496 17464 21164	573 12521 13333
3374 3415 20944	9653 12212 16078	11019 13382 21452	6803 19726 21100
7387 9000 18446	16837 19451 20524	2616 4435 18773	3732 7141 21140
4196 15198 17373	5063 6192 12109	5781 6528 20818	9088 9274 20868
1283 9297 11956	18458 18909 20899	3847 12353 14717	4396 8334 19189
252 7903 13630	2812 11226 11554	2812 13350 17336	6532 7897 14387
14813 16449 17397	6067 6800 15459	3555 4328 11051	1824 15244 17730
5399 12210 17848	11692 15205 17475	12410 14455 20434	4762 5874 7472
7808 10729 11165	1587 4410 5230	786 2520 19841	12831 17338 19527
9580 13910 15084	10333 12223 14508	743 4509 16724	1563 14138 14357
5317 6901 10368	2411 3354 14871	3467 8048 18092	13411 15600 20409
1802 8681 17498	2074 5744 16166	7858 10998 13344	3199 10422 11726
8593 12546 13042	16627 18444 19813	4775 10872 19350	889 7870 17425
679 5175 14436	3629 10662 13143	5581 7407 21485	1995 3599 14195
875 10551 10785	1475 15605 15767	2318 5722 19708	15764 18173 19022
2905 13651 20802	4699 5500 18891	8840 12796 21166	3956 15311 20379
1414 4143 14967	4912 8900 19663	4248 14884 21559	2069 3014 20265
3440 9659 13315	2206 4451 19926	9362 13645 17616	3366 7956 9681
3811 8441 16858	6867 9153 13395	703 4291 11777	
3702 6622 16595	1392 8008 21198	219 13646 18614	
5825 8937 17080	637 4951 12585	3537 14257 17073	

Tabla 10

1798 2990 8470 9859 10627 10743 11271 12344 13993 14076 15185 15461 15784
455 3160 4973 9655 11973 16446 17717 19471 20034 20152 20266 20836 21072



# ES 2 437 144 T3

(continuación)

321 3008 3315 10608 12212 13425 14216 15448 17244 17577 18205 18541 21542			
409 1342 5051 7220 8083 8619 10047 10710 11546 15258 15989 16389 18179			
1242 1866 2354 2912 3388 5194 6023 11522 12481 12577 14768 17747 20459			
2589 2658 2816 3853 4625 7463 8378 9832 10951 11158 18499 18996 20320			
2066 4383 5487 5785 6492 10161 10847 14794 16440 18427 19486 20088 20542			
4358 5115 8693 8954 10964 12330 12791 13040 13860 14637 18042 19971 20269			
3500 3899 4176 6521 6605 12317 14194 15339 17172 17928 20985 21322 21384			
436 476 1154 3107 3127 3241 4278 4723 10541 12123 14278 16645 16759			
455 1084 4082 5980 6284 7854 9931 10833 11710 12386 19708 21368 21561			
2886 4287 6673 7546 8312 8317 9055 10397 11409 15351 16415 16489 16769			
2738 12371 17635			
495 650 3877			
653 14562 14805			
990 2274 3983	7826 11297 14807	7281 8174 18609	2473 4923 12231
8760 14044 16012	8090 16306 19442	5789 6960 20030	839 6173 20260
8056 8429 19353	434 9706 21093	1669 6221 19076	1398 2325 10270
2139 4303 12774	3696 11956 14788	243 3730 11099	2097 11467 16709
24 6850 8132	2237 13196 20481	8498 9684 12961	3530 10063 16025
7187 10709 16359	9138 15960 16494	9445 13137 21502	15475 16902 19208
164 8721 17750	3465 17701 19088	5056 17464 21164	12521 13333 19233
12854 14335 20944	5372 8633 16078	5492 7922 11019	7540 12083 19726
446 4627 8400	15877 19451 20524	4435 5616 14003	3732 7141 21140
3273 7616 12798	5063 12109 12852	8901 13548 20818	6448 9694 20868
1816 13403 16677	6259 13538 18909	2573 17417 20347	4396 8334 19369
7903 13150 19272	11226 12574 2112	1230 2812 17336	2272 14387 20257
4433 16449 17397	8707 12860 21399	4328 11051 16035	1410 1824 15244
5399 8730 15748	5812 17475 19165	12410 15355 20614	4762 5874 14972

(continuación)

11165 16568 21349	30 3747 5230	786 2520 7181	3231 17338 21387
2630 14860 18384	12223 12433 21588	6669 17843 19304	617 1563 10298
3301 5028 11677	2411 3354 6891	5927 8048 143112	13411 15600 20409
12782 14741 17498	2074 5744 17726	7858 10998 13344	3199 10422 14006
742 1153 12546	6024 12313 16987	4775 6030 13392	889 7870 17425
739 10596 12615	4469 10662 13143	4347 5581 21485	255 3599 8495
1115 10551 21585	5075 6887 18545	2318 7822 16588	5153 6044 19022
6085 8791 12462	4420 5479 10191	4906 8840 9916	639 1196 3431
10227 13083 21274	5743 9172 17420	4248 19339 20404	1274 2069 13605
9659 13315 15260	7811 16246 19926	9362 10956 17125	7956 9681 14946
1891 5038 15641	9153 13395 13707	16891 18163 20357	
16762 18695 19602	138 20052 21388	219 1154 13646	
1180 5825 18717	637 7831 12585	3537 10837 17073	

5 La figura 10 es un diagrama de bloques que muestra una estructura de un transceptor en un sistema de comunicación que utiliza el código DVB-S2 LDPC rediseñado, de acuerdo con una realización de la presente invención.

10 Haciendo referencia a la figura 10, un mensaje  $u$  es introducido a un codificador LDPC 1011 en un transmisor 1010 antes de ser transmitido a un receptor 1030. A continuación, el codificador LDPC 1011 codifica el mensaje de entrada  $u$  y proporciona la señal codificada  $c$  a un modulador 1013. El modulador 1013 modula la señal codificada y transmite la señal modulada  $s$  al receptor 1030 a través de un canal inalámbrico 1020. A continuación, un desmodulador 1031 en el receptor 1030 desmodula la señal  $r$  transmitida mediante el transmisor 1010, y entrega la señal desmodulada  $x$  a un descodificador LDPC 1033. A continuación, el descodificador LDPC 1033 calcula un valor de estimación  $\hat{u}$  del mensaje a partir de los datos recibidos mediante el canal inalámbrico.

15 En la figura 11 se muestra una estructura detallada de un aparato de transmisión en el sistema de comunicación que utiliza el código DVB-S2 LDPC rediseñado. La figura 11 es un diagrama de bloques que muestra una estructura de un aparato de transmisión que utiliza el código LDPC rediseñado, de acuerdo con una realización de la presente invención.

El aparato de transmisión incluye un controlador 1130, un extractor 1110 de matriz de comprobación de paridad de código LDPC y un codificador LDPC 1150.

20 El extractor 1110 de matriz de comprobación de paridad de código LDPC extrae una matriz de comprobación de paridad de código LDPC según los requisitos del sistema. La matriz de comprobación de paridad de código LDPC puede ser extraída de la información de secuencia mostrada en las tablas 1 a 10, puede ser extraída utilizando una memoria en la que está almacenada la matriz de comprobación de paridad, puede estar comprendida en el aparato de transmisión o puede ser generada en el aparato de transmisión.

25 El controlador 1130 está adaptado para determinar una matriz de comprobación de paridad necesaria en función de una tasa de código, una longitud de palabra de código o una longitud de información, para satisfacer los requisitos del sistema.

El codificador LDPC 1150 lleva a cabo codificación en base a la información de matriz de comprobación de paridad de código LDPC leída por el controlador 1130 y el extractor 1110 de matriz de comprobación de paridad de código LDPC.

5 La figura 12 es un diagrama de bloques que muestra una estructura de un aparato de recepción acorde con la realización de la presente invención.

La figura 12 muestra un aparato de recepción para recibir la señal transmitida desde el sistema de comunicación utilizando el código DVB-S2 LDPC rediseñado y recuperando datos deseados por el usuario, de la señal recibida.

10 El aparato de recepción incluye un controlador 1250, un dispositivo de decisión 1230 de la matriz de comprobación de paridad, un extractor 1270 de matriz de comprobación de paridad de código LDPC, un desmodulador 1210 y un decodificador LDPC 1290.

El desmodulador 1210 desmodula un código LDPC recibido, y proporciona la señal desmodulada al dispositivo de decisión 1230 de la matriz de comprobación de paridad y al decodificador LDPC 1290.

El dispositivo de decisión 1230 de la matriz de comprobación de paridad, bajo el control del controlador 1250, decide la matriz de comprobación de paridad del código LDPC utilizado en el sistema, en base a la señal desmodulada.

15 El controlador 1250 proporciona el resultado de la decisión desde el dispositivo de decisión 1230 de la matriz de comprobación de paridad al extractor 1270 de matriz de comprobación de paridad de código LDPC y al decodificador LDPC 1290.

20 El extractor 1270 de matriz de comprobación de paridad de código LDPC, bajo el control del controlador 1250, extrae la matriz de comprobación de paridad del código LDPC requerida por el sistema, y proporciona la matriz de comprobación de paridad extraída al decodificador LDPC 1290. Tal como se ha indicado anteriormente, la matriz de comprobación de paridad del código LDPC puede ser extraída de la información de secuencia mostrada en las tablas 1 a 10, puede ser extraída utilizando una memoria en la que está almacenada la matriz de comprobación de paridad, puede estar incorporada en el aparato de transmisión o puede ser generada en el aparato de transmisión.

25 El decodificador LDPC 1290, bajo el control del controlador 1250, realiza la decodificación en base a la señal recibida proporcionada desde el desmodulador 1210 y a la información de la matriz de comprobación de paridad del código LDPC proporcionada desde el extractor 1270 de matriz de comprobación de paridad de código LDPC.

En la figura 13 se muestra un diagrama de flujo operativo del aparato de recepción de la figura 12.

30 En la etapa 1301, el desmodulador 1210 recibe una señal transmitida desde el sistema de comunicación utilizando el código DVB-S2 LDPC rediseñado, y desmodula la señal recibida. A continuación, en la etapa 1303, el dispositivo de decisión 1230 de la matriz de comprobación de paridad adopta una decisión sobre una matriz de comprobación de paridad del código LDPC utilizado en el sistema, en base a la señal desmodulada.

35 La decisión resultante del dispositivo de decisión 1230 de la matriz de comprobación de paridad se proporciona al extractor 1270 de matriz de comprobación de paridad de código LDPC, en la etapa 1305. El extractor 1270 de matriz de comprobación de paridad de código LDPC extrae una matriz de comprobación de paridad del código LDPC requerida por el sistema, y la proporciona al decodificador LDPC 1290, en la etapa 1307.

Tal como se ha mencionado anteriormente, la matriz de comprobación de paridad del código LDPC puede ser extraída de la información de secuencia mostrada en las tablas 1 a 10, puede ser extraída utilizando una memoria en la que está almacenada a la matriz de comprobación de paridad, puede estar incorporada en el aparato de transmisión o puede ser generada en el aparato de transmisión.

40 A continuación, en la etapa 1309, el decodificador LDPC 1290 lleva a cabo la decodificación en base a la información sobre la matriz de comprobación de paridad del código LDPC proporcionada desde el extractor 1270 de matriz de comprobación de paridad de código LDPC.

45 Tal como resulta evidente a partir de la descripción anterior, la presente invención utiliza características del grafo de Tanner en el diseño del código DVB-S2 LDPC, optimizando de ese modo el rendimiento del sistema de comunicación que utiliza el código LDPC.

Si bien la invención ha sido mostrada y descrita haciendo referencia a cierta realización preferida de la misma, los expertos en la materia comprenderán que pueden realizarse en la misma diversos cambios en la forma y los detalles sin apartarse del alcance de la invención, tal como se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método de decodificación de un canal en un sistema de comunicación utilizando un código de comprobación de paridad de baja densidad (LDPC), que comprende las etapas de:

extraer una matriz de comprobación de paridad del código LDPC; y

5 realizar decodificación LDPC utilizando la matriz de comprobación de paridad extraída;

en el que la matriz de comprobación de paridad tiene  $N_1$  columnas, donde  $N_1$  son 16200 columnas, la matriz de comprobación de paridad tiene una parte de información y una parte de paridad, en el que la parte de información tiene  $K_1$  columnas, donde  $K_1$  es 9720, y la parte de paridad tiene una forma diagonal doble y  $(N_1-K_1)$  columnas, donde  $(N_1-K_1)$  es 6480, en el que la parte de información comprende una serie de grupos de columnas, teniendo cada grupo de columnas  $M_1$  columnas, donde  $M_1$  es 360, y el número de grupos de columnas es  $K_1/M_1$ , donde  $K_1/M_1$  es 27;

10

en el que una tasa de código es de 3/5, las secuencias de posición de '1's en la columna 0-ésima en el grupo de

columnas  $i$ -ésimo,  $i=0, \dots, 26$ , indicadas mediante  $R_{i,0}^{(1)}, R_{i,0}^{(2)}, \dots, R_{i,0}^{(D_i)}$ , son:

71 1478 1901 2240 2649 2725 3592 3708 3965 4080 5733 6198
393 1384 1435 1878 2773 3182 3586 5465 6091 6110 6114 6327
160 1149 1281 1526 1566 2129 2929 3095 3223 4250 4276 4612
289 1446 1602 2421 3559 3796 5590 5750 5763 6168 6271 6340
947 1227 2008 2020 2266 3365 3588 3867 4172 4250 4865 6290
3324 3704 4447
1206 2565 3089
529 4027 5891
141 1187 3206
1990 2972 5120
752 796 5976
1129 2377 4030
6077 6108 6231
61 1053 1781
2820 4109 5307
2088 5834 5988
3725 3945 4010
1081 2780 3389
659 2221 4822

(continuación)

3033 6060 6160
756 1489 2350
3350 3624 5470
357 1825 5242
585 3372 6062
561 1417 2348
971 3719 5567
1005 1675 2062

en el que un grado de la columna 0-ésima en el grupo de columnas i-ésimo está indicado mediante  $D_i$ ;

en el que la estructura de la parte de información es realizada utilizando la regla siguiente:

- 5 determinar la posición de filas con '1's, indicadas por  $R_{i,j}^{(k)}$ , mediante

$$R_{i,j}^{(k)} = \{ R_{i,(j-1)}^{(k)} + q \} \bmod (N_1 - K_1)$$

$$k = 1, 2, \dots, D_i; i = 1, \dots, K_1/M_1; j = 1, \dots, M_1 - 1;$$

donde q es un entero que satisface  $q = (N_1 - K_1)/M_1 = 18$ .

2. Un método de descodificación de un canal en un sistema de comunicación utilizando un código de comprobación de paridad de baja densidad (LDPC), que comprende las etapas de:

- 10 extraer una matriz de comprobación de paridad del código LDPC; y

realizar descodificación LDPC utilizando la matriz de comprobación de paridad extraída;

- 15 en el que la matriz de comprobación de paridad tiene  $N_1$  columnas, donde  $N_1$  son 64800 columnas, la matriz de comprobación de paridad tiene una parte de información y una parte de paridad, en el que la parte de información tiene  $K_1$  columnas, donde  $K_1$  es 38880, y la parte de paridad tiene una forma diagonal doble y  $(N_1 - K_1)$  columnas, donde  $(N_1 - K_1)$  es 25950, en el que la parte de información comprende una serie de grupos de columnas, teniendo cada grupo de columnas  $M_1$  columnas, donde  $M_1$  es 360, y el número de grupos de columnas es  $K_1/M_1$ , donde  $K_1/M_1$  es 108;

en el que una tasa de código es de 3/5, las secuencias de posición de '1's en la columna 0-ésima en el grupo de

columnas i-ésimo,  $i=0, \dots, 107$ , indicadas mediante  $R_{i,0}^{(1)}, R_{i,0}^{(2)}, \dots, R_{i,0}^{(D_i)}$ , son:

1096 5305 7922 9029 9900 11901 13025 13052 13129 13325 13655 14723
1394 1860 6369 7264 8430 9676 10812 15647 18305 23208 23745 23826

20

# ES 2 437 144 T3

(continuación)

770 2568 3964 5173 6526 6920 7003 10710 12819 15549 16488 25759
51 693 3004 9322 10614 11173 14481 15351 17204 24347 24595 25066
5823 6733 8535 11633 12278 13266 14804 16227 18147 21946 22918 25486
3435 3718 4487 4955 5256 8584 12007 13417 14215 17230 19400 20982
844 1833 6682 6715 7028 9774 10242 16051 18866 22429 23751 24727
330 1481 2318 3851 4719 5306 11620 11809 13829 13992 19885 25341
2231 3656 4723 7860 12123 13390 16365 17923 19086 23028 23324 23984
515 3130 13252 14250 16261 16907 18400 18900 20512 22911 23030 23761
4449 6633 13133 16253 20114 21157 21213 21287 23287 23942 24401 24811
1365 1560 2416 3866 4743 6641 12645 12802 13978 21478 22017 22564
996 1168 2095 2393 2846 4283 10876 11528 12414 15516 19867 23249
2278 3803 3922 8045 10512 11485 11605 13057 19340 21857 21971 23766
2252 3454 5978 6040 8378 11319 12461 13080 16013 19436 20070 22569
2346 2879 7004 8175 8227 8589 8850 9291 12756 15786 16971 23159
81 1790 1976 3361 7529 7902 8299 11663 13327 14484 16468 20032
1284 3267 3647 4207 4834 5596 9554 11103 16921 20328 20697 23312
890 10978 12966 13432 16008 20137 20523 21172 23970 25157 25430 25759
7192 13142 15433 15507 15786 19229 19941 20456 20638 21009 25255 25838
678 1316 1858 5998 7537 8281 10923 15597 17389 18691 22102 25100
5819 6861 10626 10992 11039 13808 16495 16523 17437 20789 23463 24419
468 1289 4394 10112 10247 11168 15397 22042 22099 24220 24531 25142
1558 3264 3909 4121 6949 7547 9255 9428 9978 14409 19324 23040
3270 7693 10988 11129 12729 13188 13226 13386 17316 17549 21330 23577
924 3985 7216 8509 8931 9366 13032 17083 17111 19413 24966 24970
2589 7528 14343 15335 16060 17746 18259 20225 21262 23463 23524 25807
13718 18101 23423
3179 16321 23323

# ES 2 437 144 T3

(continuación)

11120 14943 15049

10879 19035 21668

2393 8558 22850

6706 19748 24659

10136 15125 20390

9513 15535 18696

3964 5032 12598

10242 23055 25367

650 7353 20597

3162 11002 23839

2153 3077 20395

683 1000 13632

13182 17324 21766

5786 9155 19620

8529 11438 17005

217 5946 25640

6123 9532 17184

8975 10931 16954

14656 16394 22092

6145 13246 22376

18444 18915 21312

2115 14365 24194

11032 18236 20659

14486 22575 24669

15679 20943 25653

6881 7592 20934

777 14645 22876

(continuación)

8470 11263 17125
11159 22718 24692
18809 22677 23161
6430 15890 19898
10721 15342 19263
637 12008 19972
3327 14142 17132
6626 8278 17470
579 20337 25099
3141 13081 14315
9504 17357 23204
16253 20890 24073
1876 16146 21682
5310 5571 22570
17297 19348 19472
7100 13243 18153
8567 16070 17399
4279 13069 20035
14532 22925 25387
3579 4166 12336
108 2130 7119
12189 13790 16122
12757 16705 25768
372 8248 18808
3107 10254 19423
3839 22965 23458
545 3895 10707



(continuación)

5271 11433 21752
798 1056 17532
471 754 15973
1425 11664 23858
20057 20639 21091
13907 14433 19007
16080 20032 24955
1398 14507 19154
6916 17780 24110
416 16393 17534
9800 10659 22341
13674 17377 17743
163 13792 19756
1421 12948 19238
2714 19233 25264
3113 15257 24463
2182 2532 9118
8647 12629 16846
3275 17252 18700
3529 18768 20538
2290 9906 11818
824 2180 10139
12309 17149 25813
2093 5279 20214
3843 19791 25029

en el que un grado de la columna 0-ésima en el grupo de columnas i-ésimo está indicado mediante  $D_i$ ;

en el que la estructura de la parte de información es realizada utilizando la regla siguiente:

determinar la posición de filas con '1's, indicadas por  $R_{i,j}^{(k)}$ , mediante

$$R_{ij}^{(k)} = \{ R_{i,(j-1)}^{(k)} + q \} \bmod (N_1 - K_1)$$

$$k = 1, 2, \dots, D, i = 1, \dots, K_1/M_1, j = 1, \dots, M_1 - 1 ;$$

donde q es un entero que satisface  $q = (N_1 - K_1)/M_1 = 72$ .

5 3. Un método de descodificación de un canal en un sistema de comunicación utilizando un código de comprobación de paridad de baja densidad (LDPC), que comprende las etapas de:

extraer una matriz de comprobación de paridad del código LDPC; y

realizar descodificación LDPC utilizando la matriz de comprobación de paridad extraída;

10 en el que la matriz de comprobación de paridad tiene  $N_1$  columnas, donde  $N_1$  son 64800 columnas, la matriz de comprobación de paridad tiene una parte de información y una parte de paridad, en el que la parte de información tiene  $K_1$  columnas, donde  $K_1$  es 43200, y la parte de paridad tiene una forma diagonal doble y  $(N_1 - K_1)$  columnas, donde  $(N_1 - K_1)$  es 21600, en el que la parte de información comprende una serie de grupos de columnas, teniendo cada grupo de columnas  $M_1$  columnas, donde  $M_1$  es 360, y el número de grupos de columnas es  $K_1/M_1$ , donde  $K_1/M_1$  es 120;

en el que una tasa de código es de 2/3, las secuencias de posición de '1's en la columna 0-ésima en el grupo de

15 columnas i-ésimo,  $i=0, \dots, 119$ , indicadas mediante  $R_{i,0}^{(1)}, R_{i,0}^{(2)}, \dots, R_{i,0}^{(D)}$ , son:

2599 2998 3291 3793 4567 5644 7476 8945 9250 11630 12041 12344 19983
113 5946 6640 7426 7577 10233 10831 12335 15672 15976 17995 20152 20514
1944 3315 4168 6117 6661 8745 10508 10608 10821 11636 12212 15145 19082
5549 7899 10946 11962 12090 17083 17847 18440 19631 20039 20089 20589 21258
239 3726 7468 7981 10028 11317 12462 15272 17747 19262 19403 20174 21514
563 2018 3439 4693 5458 7056 9391 9665 9832 10569 13076 14598 18340
467 5607 5665 6934 8062 9706 10101 10572 12288 15067 16083 17520 20906
311 1489 2790 3597 14820 15231 15255 15398 17333 18042 18224 18680 19454
2399 4145 4176 4659 6197 11205 12514 12620 17261 17928 20292 21384 21442
2716 3794 6478 7567 10083 10345 10541 13543 16561 16638 17876 19459 19487
2034 3004 6284 9100 11606 12393 13821 14548 14731 15790 16208 19442 21095
695 895 3606 5787 6673 7232 7357 7546 13517 14409 17631 18089 18109
1871 17078 17635
650 3495 19537

# ES 2 437 144 T3

(continuación)

13253 1456221465			
17010 18503 21534	4877 11066 14567	13694 17241 18609	8463 14331 19453
772 8760 14044	2450 8146 19442	3449 6960 19670	839 6233 11080
15796 17669 19353	9466 10514 20733	5801 8809 15536	1398 10270 18705
4303 9339 12774	3696 5116 15388	243 3130 11099	2097 4649 11467
9864 10810 18992	681 12437 13196	7141 8257 9684	3530 11143 16025
1649 11507 16359	4638 5334 16260	10462 13945 14037	11515 16902 19208
530 11504 17421	285 11341 19088	15496 17464 21164	573 12521 13333
3374 3415 20944	9653 12212 16078	11019 13382 21452	6803 19726 21100
7387 9000 18446	16837 19451 20524	2616 4435 18743	3732 7141 21140
4196 15198 17373	5063 6192 12109	5781 6528 20818	9088 9274 20868
1283 9297 11956	18458 18909 20899	3847 12353 14717	4396 8334 19189
252 7903 13630	2812 11226 11554	2812 13350 17336	6532 7897 14387
14813 16449 17397	6067 6800 15459	3555 4328 11051	1824 15244 17730
5399 12210 17848	11692 15205 17475	12410 14455 20434	4762 5874 7472
7808 10729 11165	1587 4410 5230	786 2520 19841	12831 17338 19527
9580 13910 15084	10333 12223 14508	743 4509 16724	1563 14138 14357
5317 6901 10368	2411 3354 14871	3467 8048 18092	13411 15600 20409
1802 8681 17498	2074 5744 16166	7858 10998 13344	3199 10422 11726
8593 12546 13042	16627 18444 19813	4775 10872 19350	889 7870 17425
679 5175 14436	3629 10662 13143	5581 7407 21485	1995 3599 14195
875 10551 10785	1475 15605 15767	2318 5722 19708	15764 18173 19022
2905 13651 20802	4699 5500 18891	8840 12796 21166	3956 15311 20379
1414 4143 14967	4912 8900 19663	4248 14884 21559	2069 3014 20265
3440 9659 13315	2206 4451 19926	9362 13645 17616	3366 7956 9681
3811 8441 16858	6867 9153 13395	703 4291 11777	
3702 6622 16595	1392 8008 21198	219 13646 18614	
5825 8937 17080	637 4951 12585	3537 14257 17073	

en el que un grado de la columna 0-ésima en el grupo de columnas i-ésimo está indicado mediante  $D_i$ ;

en el que la estructura de la parte de información es realizada utilizando la regla siguiente:

determinar la posición de filas con '1's, indicadas por  $R_{i,j}^{(k)}$ , mediante

$$R_{i,j}^{(k)} = \{ R_{i,(j-1)}^{(k)} + q \} \bmod (N_1 - K_1)$$

$$k = 1, 2, \dots, D_i; i = 1, \dots, K_1/M_1; j = 1, \dots, M_1 - 1 ;$$

5 donde q es un entero que satisface  $q = (N_1 - K_1)/M_1 = 60$ .

4. Un aparato para descodificar un canal en un sistema de comunicación utilizando un código de comprobación de paridad de baja densidad (LDPC), que comprende:

un extractor de matriz de comprobación de paridad de código LDPC para leer una matriz de comprobación de paridad almacenada; y

10 un descodificador LDPC para realizar descodificación LDPC utilizando la matriz de comprobación de paridad leída;

en el que la matriz de comprobación de paridad tiene  $N_1$  columnas, donde  $N_1$  son 16200 columnas, la matriz de comprobación de paridad tiene una parte de información y una parte de paridad, en el que la parte de información tiene  $K_1$  columnas, donde  $K_1$  es 9720, y la parte de paridad tiene una forma diagonal doble y  $(N_1 - K_1)$  columnas, donde  $(N_1 - K_1)$  es 6480, en el que la parte de información comprende una serie de grupos de columnas, teniendo cada grupo de columnas  $M_1$  columnas, donde  $M_1$  es 360, y el número de grupos de columnas es  $K_1/M_1$ , donde  $K_1/M_1$  es 27;

15 en el que una tasa de código es de 3/5, las secuencias de posición de '1's en la columna 0-ésima en el grupo de

columnas i-ésimo,  $i=0, \dots, 26$ , indicadas mediante  $R_{i,0}^{(1)}, R_{i,0}^{(2)}, \dots, R_{i,0}^{(D_i)}$ , son:

71 1478 1901 2240 2649 2725 3592 3708 3965 4080 5733 6198
393 1384 1435 1878 2773 3182 3586 5465 6091 6110 6114 6327
160 1149 1281 1526 1566 2129 2929 3095 3223 4250 4276 4612
289 1446 1602 2421 3559 3796 5590 5750 5763 6168 6271 6340
947 1227 2008 2020 2266 3365 3588 3867 4172 4250 4865 6290
3324 3704 4447
1206 2565 3089
529 4027 5891
141 1187 3206
1990 2972 5120
752 796 5976

(continuación)

1129 2377 4030
6077 6108 6231
61 1053 1781
2820 4109 5307
2088 5834 5988
3725 3945 4010
1081 2780 3389
659 2221 4822
3033 6060 6160
756 1489 2350
3350 3624 5470
357 1825 5242
585 3372 6062
561 1417 2348
971 3719 5567
1005 1675 2062

en el que un grado de la columna 0-ésima en el grupo de columnas i-ésimo está indicado mediante  $D_i$ ;

en el que la estructura de la parte de información es realizada utilizando la regla siguiente:

- 5 determinar la posición de filas con '1's, indicadas por  $R_{i,j}^{(k)}$ , mediante

$$R_{ij}^{(k)} = \{ R_{i,(j-1)}^{(k)} + q \} \bmod (N_1 - K_1)$$

$$k = 1, 2, \dots, D_i, i = 1, \dots, K_1/M_1, j = 1, \dots, M_1 - 1 ;$$

donde  $q$  es un entero que satisface  $q = (N_1 - K_1)/M_1 = 18$ .

5. Un aparato para descodificar un canal en un sistema de comunicación utilizando un código de comprobación de paridad de baja densidad (LDPC), que comprende:

- 10 un extractor de matriz de comprobación de paridad de código LDPC para leer una matriz de comprobación de paridad almacenada; y

un descodificador LDPC para realizar descodificación LDPC utilizando la matriz de comprobación de paridad leída;

## ES 2 437 144 T3

5 en el que la matriz de comprobación de paridad tiene  $N_1$  columnas, donde  $N_1$  son 64800 columnas, la matriz de comprobación de paridad tiene una parte de información y una parte de paridad, en el que la parte de información tiene  $K_1$  columnas, donde  $K_1$  es 38880, y la parte de paridad tiene una forma diagonal doble y  $(N_1-K_1)$  columnas, donde  $(N_1-K_1)$  es 25920, en el que la parte de información comprende una serie de grupos de columnas, teniendo cada grupo de columnas  $M_1$  columnas, donde  $M_1$  es 360, y el número de grupos de columnas es  $K_1/M_1$ , donde  $K_1/M_1$  es 108;

en el que una tasa de código es de 3/5, las secuencias de posición de '1's en la columna 0-ésima en el grupo de

columnas  $i$ -ésimo,  $i=0, \dots, 107$ , indicadas mediante  $R_{i,0}^{(1)}, R_{i,0}^{(2)}, \dots, R_{i,0}^{(D_i)}$ , son:

1096 5305 7922 9029 9900 11901 13025 13052 13129 13325 13655 14723
1394 1860 6369 7264 8430 9676 10812 15647 18305 23208 23745 23826
770 2568 3964 5173 6526 6920 7003 10710 12819 15549 16488 25759
51 693 3004 9322 10614 11173 14481 15351 17204 24347 24595 25066
5823 6733 8535 11633 12278 13266 14804 16227 18147 21946 22918 25486
3435 3718 4487 4955 5256 8584 12007 13417 14215 17230 19400 20982
844 1833 6682 6715 7028 9774 10242 16051 18866 22429 23751 24727
330 1481 2318 3851 4719 5306 11620 11809 13829 13992 19885 25341
2231 3656 4723 7860 12123 13390 16365 17923 19086 23028 23324 23984
515 3130 13252 14250 16261 16907 18400 18900 20512 22911 23030 23761
4449 6633 13133 16253 20114 21157 21213 21287 23287 23942 24401 24811
1365 1560 2416 3866 4743 6641 12645 12802 13978 21478 22017 22564
996 1168 2095 2393 2846 4283 10876 11528 12414 15516 19867 23249
2278 3803 3922 8045 10512 11485 11605 13057 19340 21857 21971 23766
2252 3454 5978 6040 8378 11319 12461 13080 16013 19436 20070 22569
2346 2879 7004 8175 8227 8589 8850 9291 12756 15786 16971 23159
81 1790 1976 3361 7529 7902 8299 11663 13327 14484 16468 20032
1284 3267 3647 4207 4834 5596 9554 11103 16921 20328 20697 23312
890 10978 12966 13432 16008 20137 20523 21172 23970 25157 25430 25759
7192 13142 15433 15507 15786 19229 19941 20456 20638 21009 25255 25838
678 1316 1858 5998 7537 8281 10923 15597 17389 18691 2210225100
5819 6861 10626 10992 11039 13808 16495 16523 17437 20789 23463 24419
468 1289 4394 10112 10247 11168 15397 22042 22099 24220 24531 25142

# ES 2 437 144 T3

(continuación)

1558 3264 3909 4121 6949 7547 9255 9428 9978 14409 19324 23040
3270 7693 10988 11129 12729 13188 13226 13386 17316 17549 21330 23577
924 3985 7216 8509 8931 9366 13032 17083 17111 19413 24966 24970
2589 7528 14343 15335 16060 17746 18259 20225 21262 23463 23524 25807
13718 18101 23423
3179 16321 23323
11120 14943 15049
10879 19035 21668
2393 8558 22850
6706 19748 24659
10136 15125 20390
9513 15535 18696
3964 5032 12598
10242 23055 25367
650 7353 20597
3162 11002 23839
2153 3077 20395
683 1000 13632
13182 17324 21766
5786 9155 19620
8529 11438 17005
217 5946 25640
6123 9532 17184
8975 10931 16954
14656 16394 22092
6145 13246 22376
18444 18915 21312

(continuación)

2115 14365 24194
11032 18236 20659
14486 22575 24669
15679 20943 25653
6881 7592 20934
777 14645 22876
8470 11263 17125
11159 22718 24692
18809 22677 23161
6430 15890 19898
10721 15342 19263
637 12008 19972
3327 14142 17132
6626 8278 17470
579 20337 25099
3141 13081 14315
9504 17357 23204
16253 20890 24073
1876 16146 21682
5310 5571 22570
17297 19348 19472
7100 13243 18153
8567 16070 17399
4279 13069 20035
14532 22925 25387
3579 4166 12336
108 2130 7119



(continuación)

12189 13790 16122

12757 16705 25768

372 8248 18808

3107 10254 19423

3839 22965 23458

545 3895 10707

5271 11433 21752

798 1056 17532

471 754 15973

1425 11664 23858

20057 20639 21091

13907 14433 19007

16080 20032 24955

1398 14507 19154

6916 17780 24110

416 16393 17534

9800 10659 22341

13674 17377 17743

163 13792 19756

1421 12948 19238

2714 19233 25264

3113 15257 24463

2182 2532 9118

8647 12629 16846

3275 17252 18700

3529 18768 20538

2290 9906 11818

(continuación)

824 2180 10139
12309 17149 25813
2093 5279 20214
3843 19791 25029

en el que un grado de la columna 0-ésima en el grupo de columnas i-ésimo está indicado mediante  $D_i$ ;

en el que la estructura de la parte de información es realizada utilizando la regla siguiente:

- 5 determinar la posición de filas con '1's, indicadas por  $R_{i,j}^{(k)}$ , Error! Nombre de archivo no especificado. mediante

$$R_{ij}^{(k)} = \{ R_{i,(j-1)}^{(k)} + q \} \bmod (N_1 - K_1)$$

$$k = 1, 2, \dots, D_i, i = 1, \dots, K_1/M_1, j = 1, \dots, M_1 - 1 ;$$

donde q es un entero que satisface  $q = (N_1 - K_1)/M_1 = 72$ .

6. Un aparato para descodificar un canal en un sistema de comunicación utilizando un código de comprobación de paridad de baja densidad (LDPC), que comprende:

- 10 un extractor de matriz de comprobación de paridad de código LDPC para leer una matriz de comprobación de paridad almacenada; y

un descodificador LDPC para realizar descodificación LDPC utilizando la matriz de comprobación de paridad leída;

- 15 en el que la matriz de comprobación de paridad tiene  $N_1$  columnas, donde  $N_1$  son 64800 columnas, la matriz de comprobación de paridad tiene una parte de información y una parte de paridad, en el que la parte de información tiene  $K_1$  columnas, donde  $K_1$  es 43200, y la parte de paridad tiene una forma diagonal doble y  $(N_1 - K_1)$  columnas, donde  $(N_1 - K_1)$  es 21600, en el que la parte de información comprende una serie de grupos de columnas, teniendo cada grupo de columnas  $M_1$  columnas, donde  $M_1$  es 360, y el número de grupos de columnas es  $K_1/M_1$ , donde  $K_1/M_1$  es 120;

en el que una tasa de código es de 2/3, las secuencias de posición de '1's en la columna 0-ésima en el grupo de

- 20 columnas i-ésimo,  $i=0, \dots, 119$ , indicadas mediante  $R_{i,0}^{(1)}, R_{i,0}^{(2)}, \dots, R_{i,0}^{(D_i)}$ , son:

2599 2998 3291 3793 4567 5644 7476 8945
9250 11630 12041 12344 19983
113 5946 6640 7426 7577 10233 10831 12335
15672 15976 17995 20152 20514
1944 3315 4168 6117 6661 8745 10508 10608
10821 11636 12212 15145 19082
5549 7899 10946 11962 12090 17083 17847
18440 19631 20039 20089 20589 21258

# ES 2 437 144 T3

(continuación)

239 3726 7468 7981 10028 11317 12462 15272 17747 19262 19403 20174 21514			
563 2018 3439 4693 5458 7056 9391 9665 9832 10569 13076 14598 18340			
467 5607 5665 6934 8062 9706 10101 10572 12288 15067 16083 17520 20906			
311 1489 2790 3597 14820 15231 15255 15398 17333 18042 18224 18680 19454			
2399 4145 4176 4659 6197 11205 12514 12620 17261 17928 20292 21384 21442			
2716 3794 6478 7567 10083 10345 10541 13543 16561 16638 17876 19459 19487			
2034 3004 6284 9100 11606 12393 13821 14548 14731 15790 16208 19442 21095			
695 895 3606 5787 6673 7232 7357 7546 13517 14409 17631 18089 18109			
1871 17078 17635			
650 3495 19537			
13253 14562 21465			
17010 18503 21534	4877 11066 14567	13694 17241 18609	8463 14331 19453
772 8760 14044	2450 8146 19442	3449 6960 19670	839 6233 11080
15796 17669 19353	9466 10514 20733	5801 8809 15536	1398 10270 18705
4303 9339 12774	3696 5116 15388	243 3130 11099	2097 4649 11467
9864 10810 18992	681 12437 13196	7141 8257 9684	3530 11143 16025
1649 11507 16359	4638 5334 16260	10462 13945 14037	11515 16902 19208
530 11504 17421	285 11341 19088	15496 17464 21164	573 12521 13333
3374 3415 20944	9653 12212 16078	11019 13382 21452	6803 19726 21100
7387 9000 18446	16837 19451 20524	2616 4435 18743	3732 7141 21140
4196 15198 17373	5063 6192 12109	5781 6528 20818	9088 9274 20868
1283 9297 11956	18458 18909 20899	3847 12353 14717	4396 8334 19189
252 7903 13630	2812 11226 11554	2812 13350 17336	6532 7897 14387
14813 16449 17397	6067 6800 15459	3555 4328 11051	1824 15244 17730
5399 12210 17848	11692 15205 17475	12410 14455 20434	4762 5874 7472

(continuación)

7808 10729 11165	1587 4410 5230	786 2520 19841	12831 17338 19527
9580 13910 15084	10333 12223 14508	743 4509 16724	1563 14138 14357
5317 6901 10368	2411 3354 14871	3467 8048 18092	13411 15600 20409
1802 8681 17498	2074 5744 16166	7858 10998 13344	3199 10422 11726
8593 12546 13042	16627 18444 19813	4775 10872 19350	889 7870 17425
679 5175 14436	3629 10662 13143	5581 7407 21485	1995 3599 14195
875 10551 10785	1475 15605 15767	2318 5722 19708	15764 18173 19022
2905 13651 20802	4699 5500 18891	8840 12796 21166	3956 15311 20379
1414 4143 14967	4912 8900 19663	4248 14884 21559	2069 3014 20265
3440 9659 13315	2206 4451 19926	9362 13645 17616	3366 7956 9681
3811 8441 16858	6867 9153 13395	703 4291 11777	
3702 6622 16595	1392 8008 21198	219 13646 18614	
5825 8937 17080	637 4951 12585	3537 14257 17073	

en el que un grado de la columna 0-ésima en el grupo de columnas i-ésimo está indicado mediante  $D_i$ ;

en el que la estructura de la parte de información es realizada utilizando la regla siguiente:

- 5 determinar la posición de filas con '1's, indicadas por  $R_{i,j}^{(k)}$ , mediante

$$R_{i,j}^{(k)} = \{R_{i,(j-1)}^{(k)} + q\} \bmod (N_1 - K_1)$$

$$k = 1, 2, \dots, D_i, i = 1, \dots, K_1 / M_1, j = 1, \dots, M_1 - 1$$

donde  $q$  es un entero que satisface  $q = (N_1 - K_1) / M_1 = 60$ .

$$H_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

FIG.1

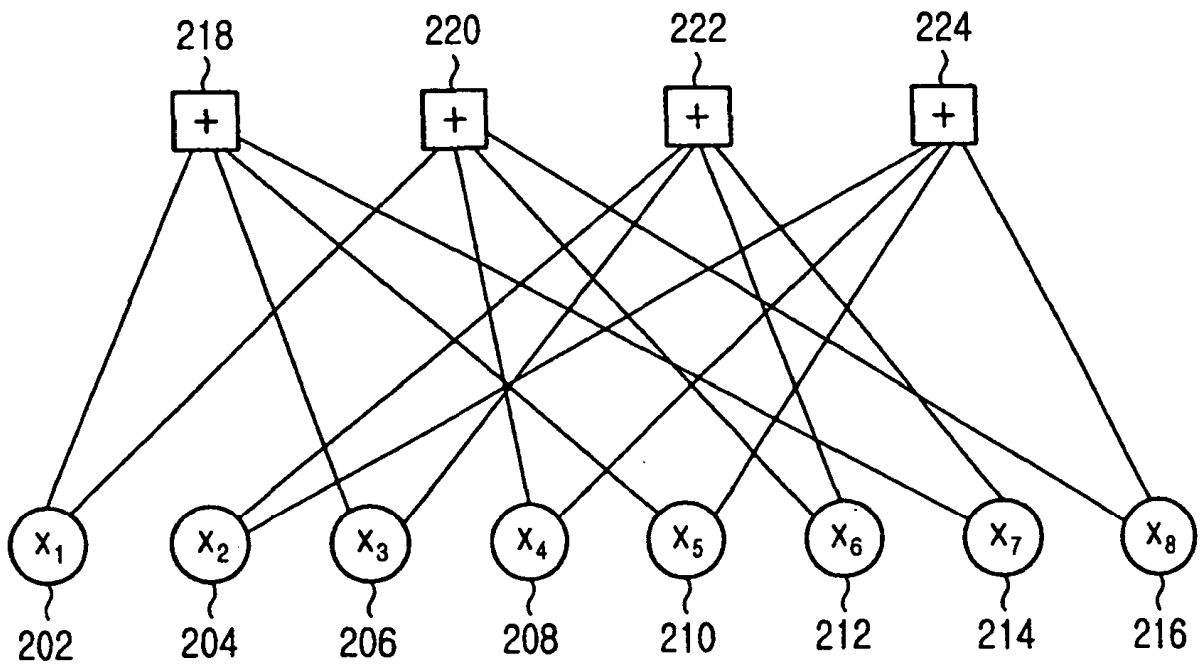


FIG.2

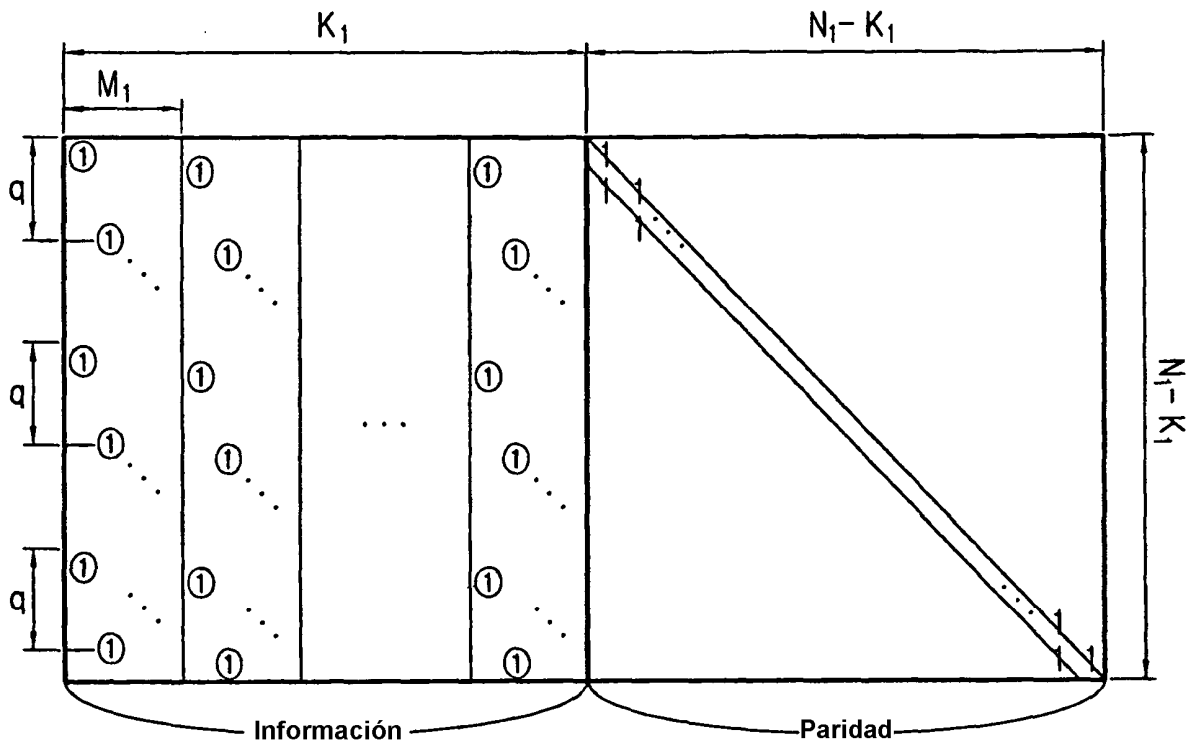


FIG.3

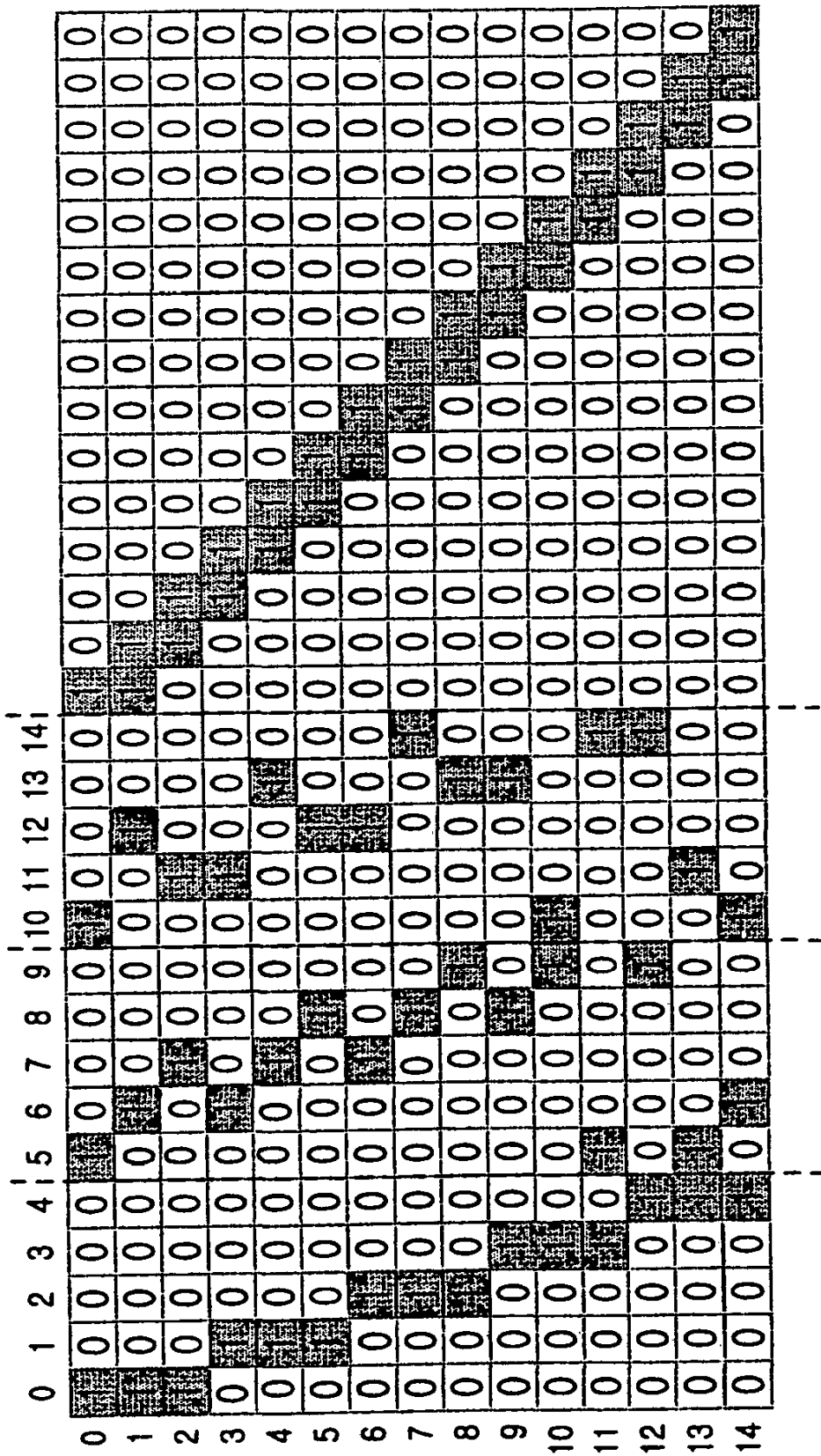


FIG.4

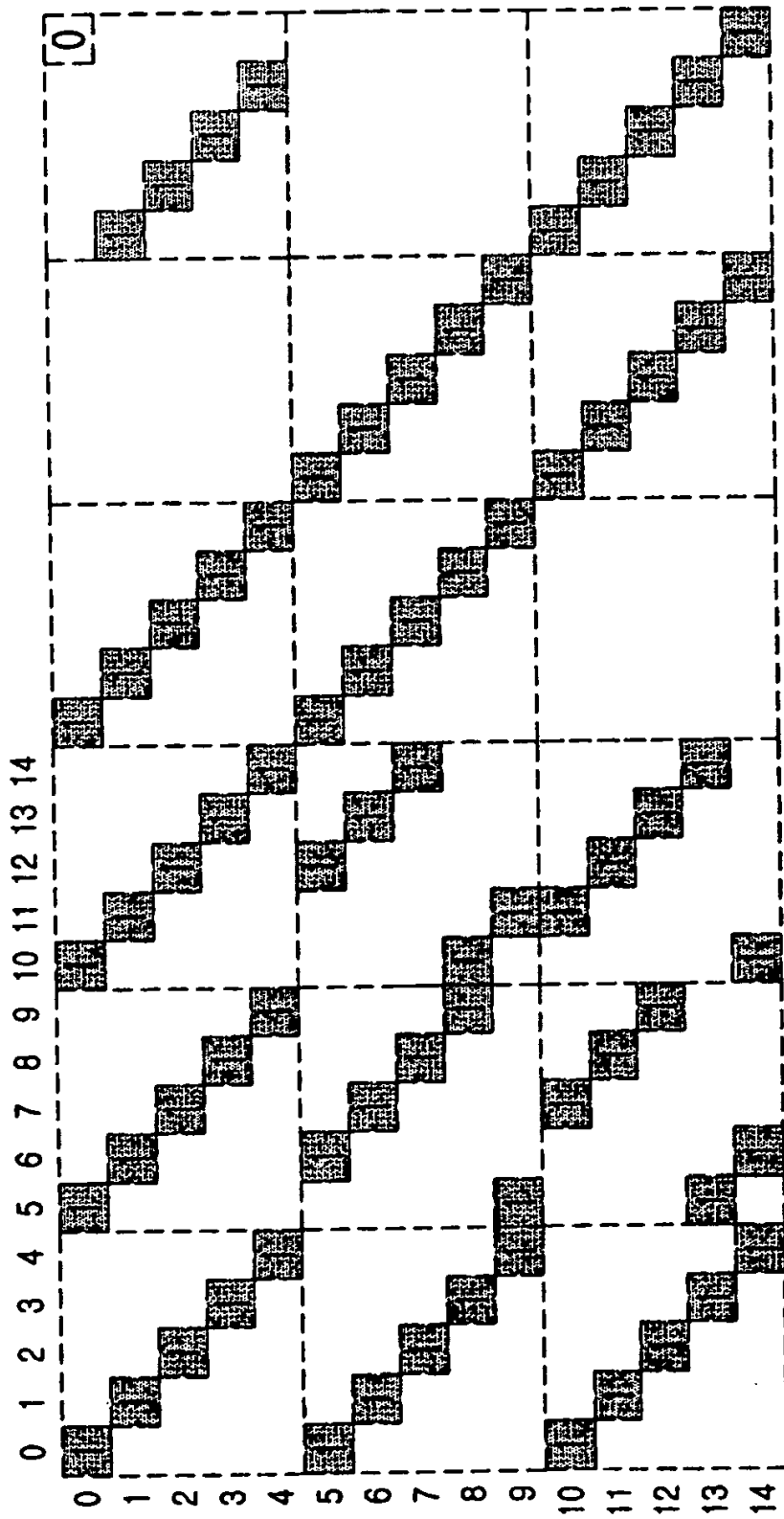


FIG.5



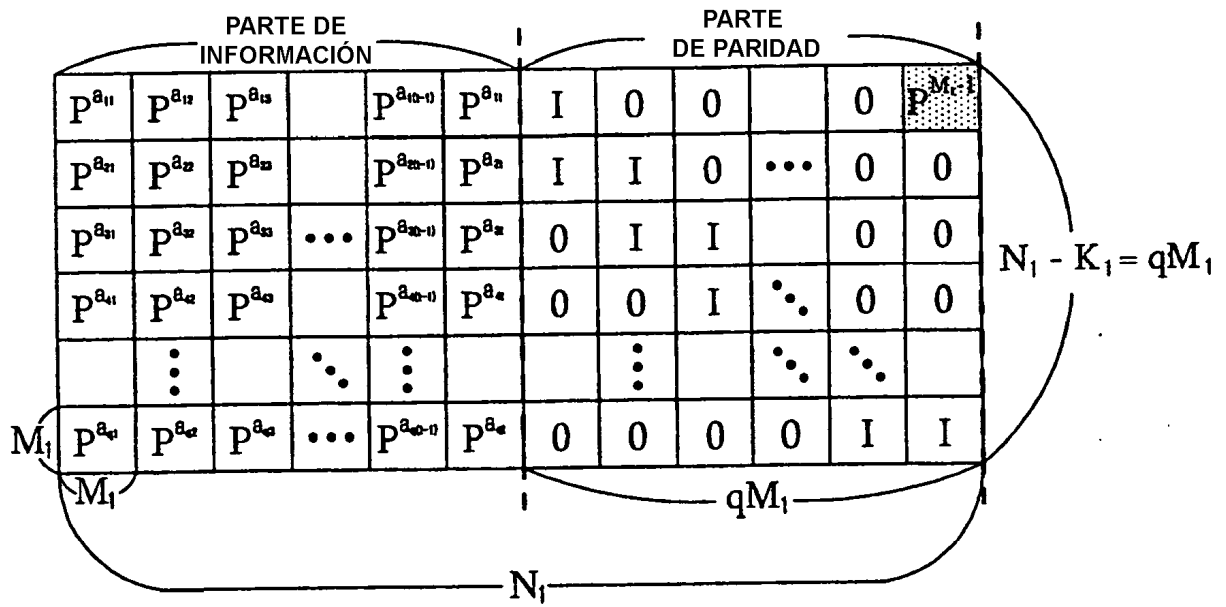


FIG.6

$P^{a_{11}}$	$P^{a_{12}}$	$P^{a_{13}}$		$P^{a_{1(n-1)}}$	$P^{a_{1n}}$	I	0	0		0	0
$P^{a_{21}}$	$P^{a_{22}}$	$P^{a_{23}}$		$P^{a_{2(n-1)}}$	$P^{a_{2n}}$	I	I	0	...	0	0
$P^{a_{31}}$	$P^{a_{32}}$	$P^{a_{33}}$	...	$P^{a_{3(n-1)}}$	$P^{a_{3n}}$	0	I	I		0	0
$P^{a_{41}}$	$P^{a_{42}}$	$P^{a_{43}}$		$P^{a_{4(n-1)}}$	$P^{a_{4n}}$	0	0	I	...	0	0
	⋮		⋮	⋮			⋮		⋮	⋮	
$P^{a_{(n-1)1}}$	$P^{a_{(n-1)2}}$	$P^{a_{(n-1)3}}$	...	$P^{a_{(n-1)(n-1)}}$	$P^{a_{(n-1)n}}$	0	0	0	0	I	I

FIG.7

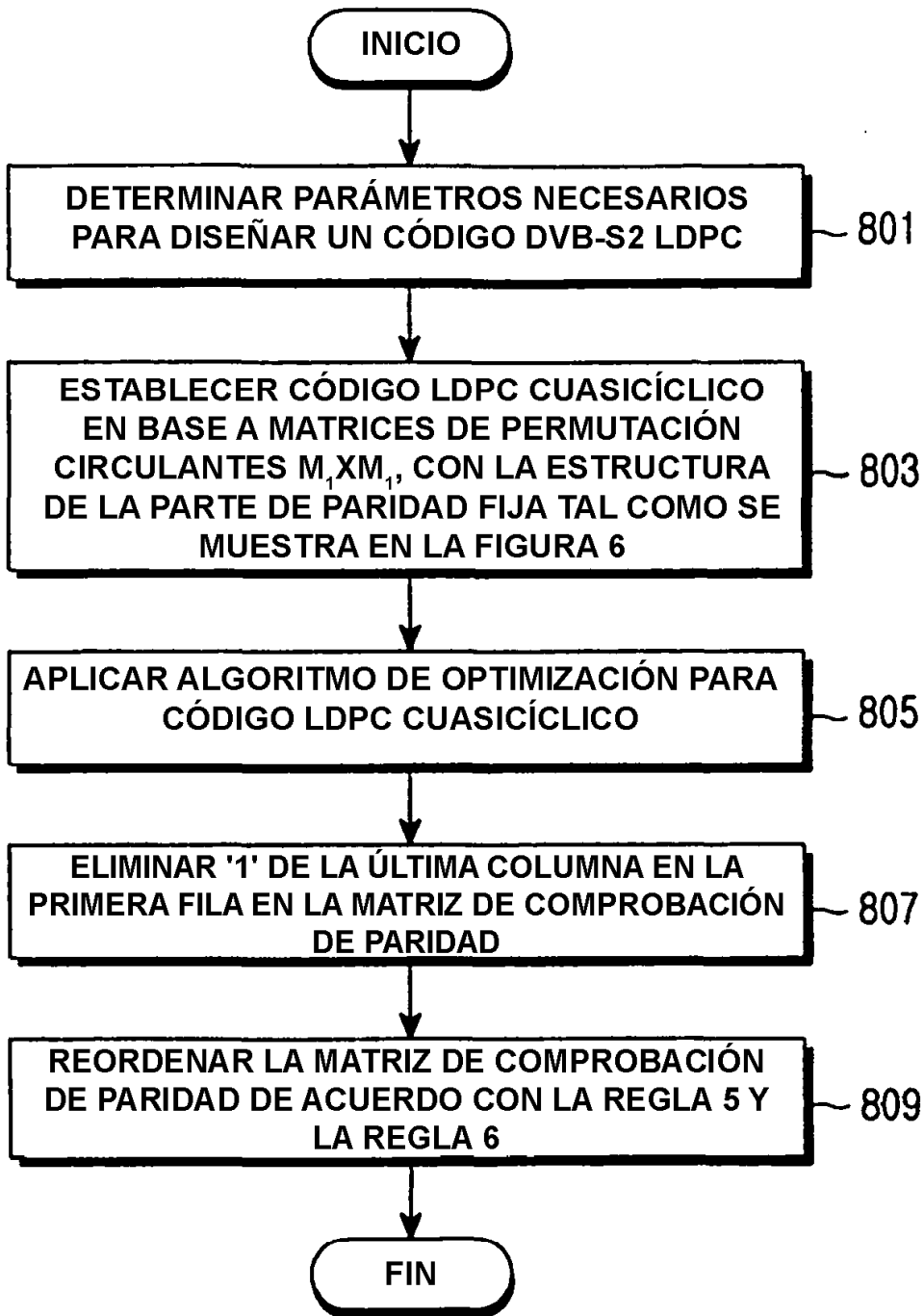


FIG.8

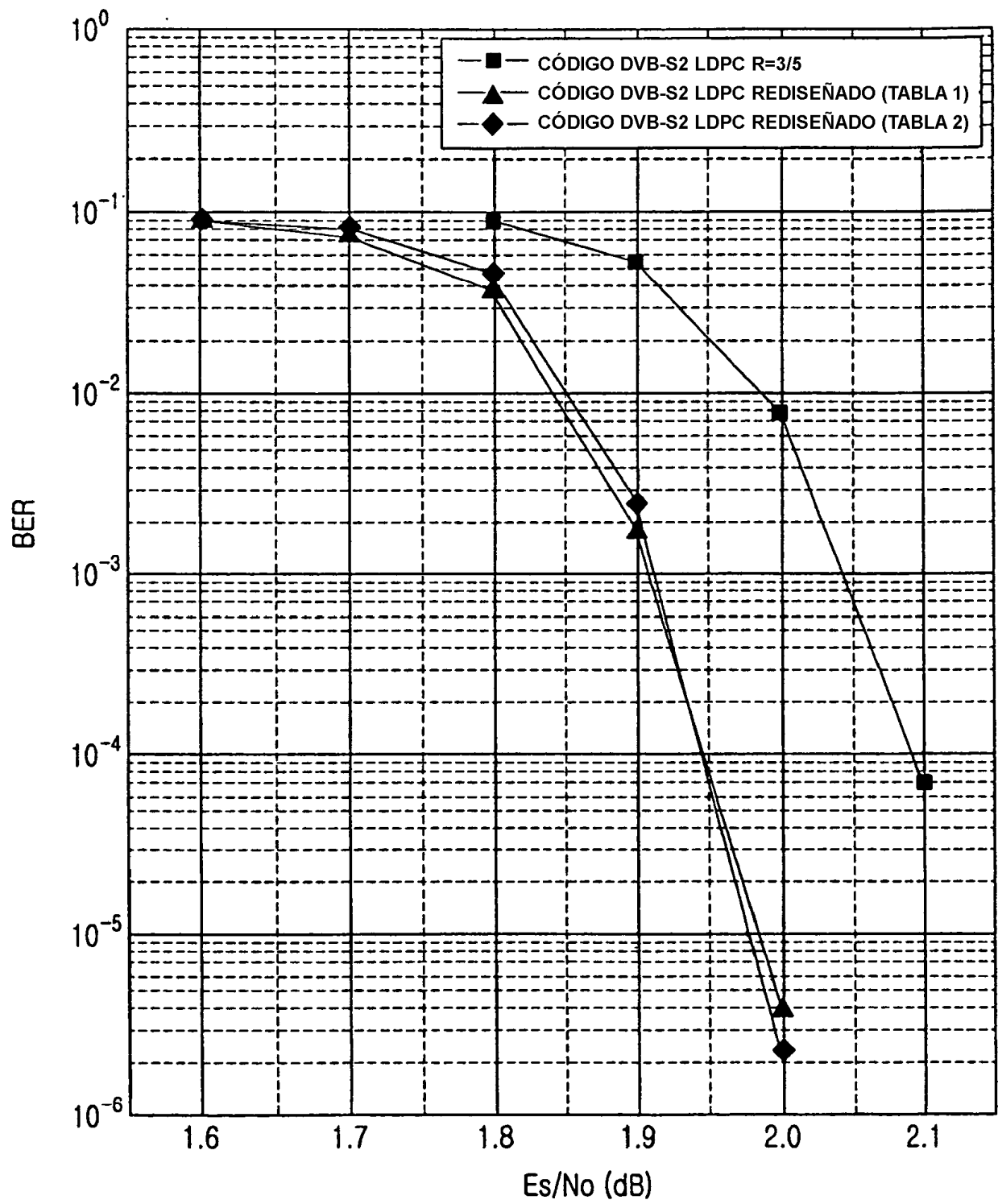


FIG.9

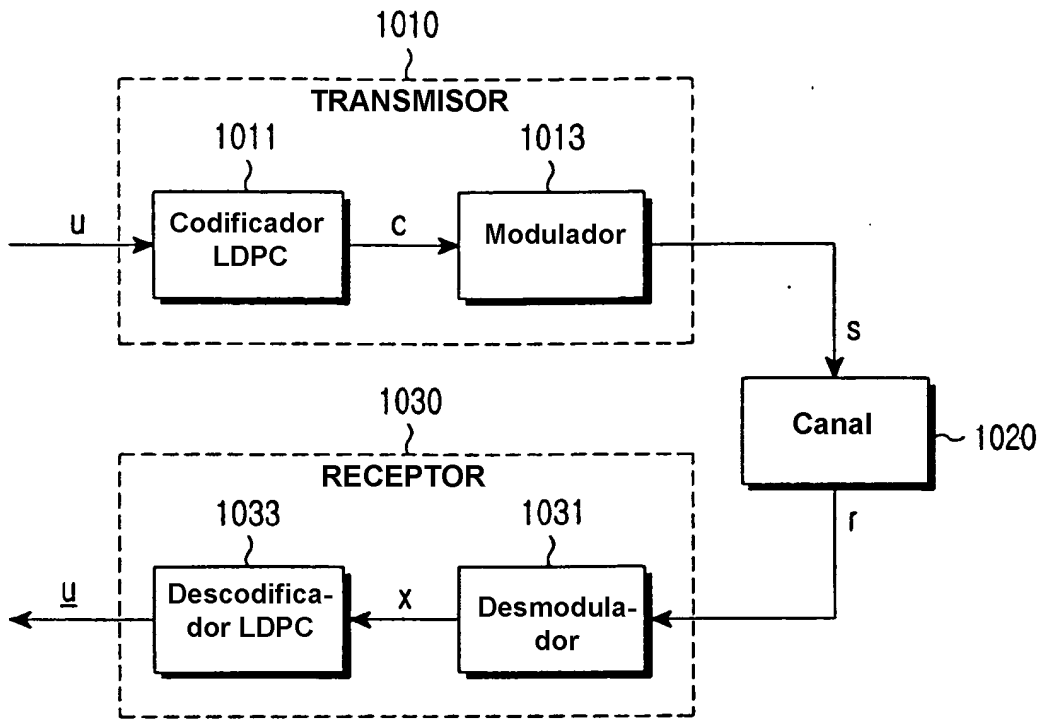


FIG.10

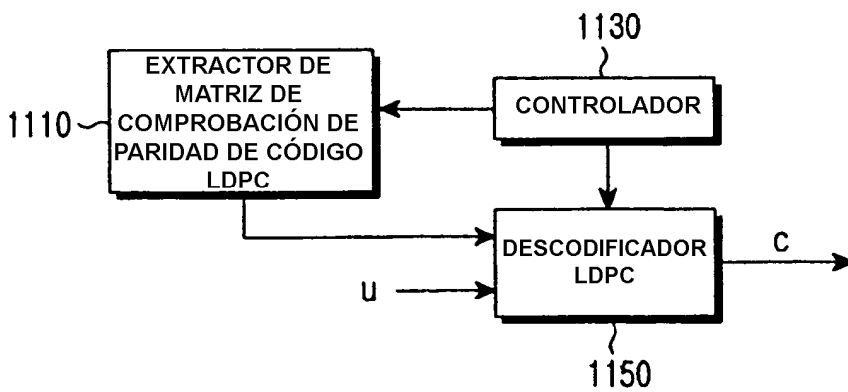


FIG.11

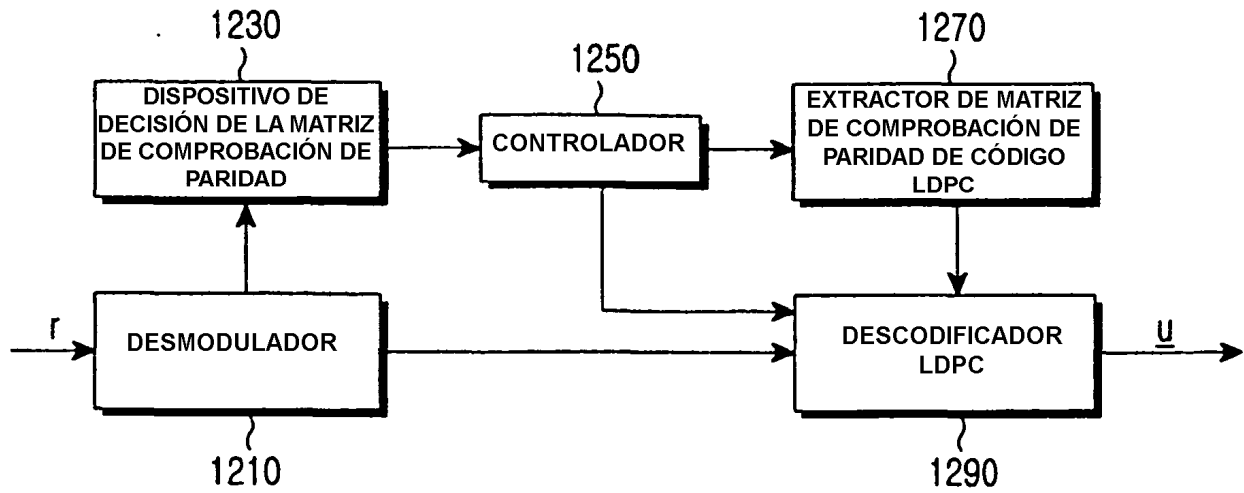


FIG.12

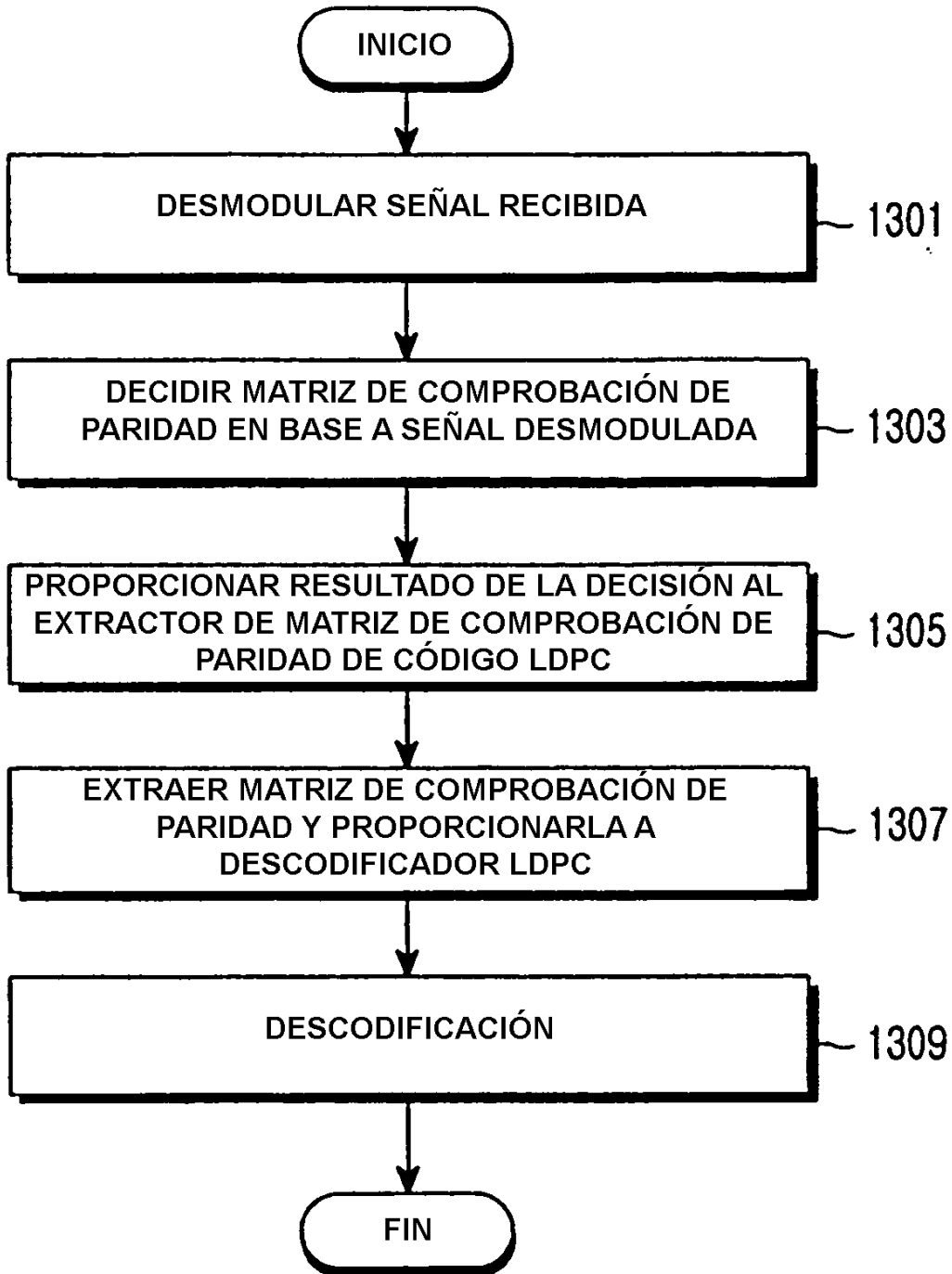


FIG.13