

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 634 907**

51 Int. Cl.:

**H03M 13/11** (2006.01)

**H03M 13/27** (2006.01)

**H03M 13/25** (2006.01)

**H04L 1/00** (2006.01)

**H04L 27/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.11.2008 E 10170638 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.05.2017 EP 2237432**

54 Título: **Intercalado de paridad y con torsión de columna para códigos LDPC**

30 Prioridad:

**26.11.2007 JP 2007304690**

**18.03.2008 JP 2008070467**

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

**29.09.2017**

73 Titular/es:

**SONY CORPORATION (100.0%)**

**1-7-1 KONAN**

**MINATO-KU , TOKYO 108-0075, JP**

72 Inventor/es:

**YOKOKAWA, TAKASHI y**

**YAMAMOTO, MAKIKO**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 634 907 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

Intercalado de paridad y con torsión de columna para códigos LDPC

**Campo técnico**

5 Esta invención se refiere a un aparato de procesamiento de datos y un método de procesamiento de datos y, particularmente, a un aparato de procesamiento de datos y un método de procesamiento de datos que hace posible mejorar la tolerancia a errores de ráfaga y borrado de, por ejemplo, un código LDPC (Comprobación de Paridad de Baja Densidad).

**Antecedentes de la técnica**

10 El código LDPC tiene una capacidad de corrección de errores alta y, en los últimos años, comienza a ser adoptado ampliamente en sistemas de transmisión que incluyen sistemas de difusión digital por satélite tales como, por ejemplo, el sistema DVB-S.2 usado en Europa (véase, por ejemplo, el Documento No de Patente 1). Además, se investiga adoptar el código LDPC también en difusión digital terrestre de próxima generación. Los Documentos No de Patente "T2\_0195 CFT response Rai-reply.pdf" y "T2-Samsung-Result of bit Interleaver\_v2.pdf" (ambas Organización DVB) se dirigen al sistema DVB-T.2 para difusión digital terrestre.

15 Se está encontrando por investigaciones recientes que un rendimiento próximo al límite de Shannon se proporciona por el código LDPC a medida que la longitud de código se aumenta de manera similar a un turbo código, etc. Además, dado que el código LDPC tiene una propiedad de que la distancia mínima aumenta en proporción a la longitud de código, tiene una característica de que tiene una característica de probabilidad de error de bloque superior. También es ventajoso que un denominado fenómeno de suelo de error que se observa en una decodificación característica del turbo código, etc. ocurre poco.

20 En lo siguiente, se describe de manera particular tal código LDPC como se ha descrito anteriormente. Se ha de señalar que el código LDPC es un código lineal, y aunque no es necesariamente un código bidimensional, la siguiente descripción se da bajo la suposición de que es un código bidimensional.

25 El código LDPC tiene la característica más significativa en que una matriz de comprobación de paridad que define el código LDPC es una matriz dispersa. Aquí, la matriz dispersa es una matriz en la que el número de aquellos elementos cuyo valor es "1" es muy pequeño (matriz en la que casi todos los elementos son 0).

La FIG. 1 muestra un ejemplo de una matriz de comprobación de paridad H de un código LDPC.

En la matriz de comprobación de paridad H de la FIG. 1, la ponderación de cada columna (ponderación de columna) (número de "1") (ponderación) es "3" y la ponderación de cada fila (ponderación de fila) es "6".

30 En la codificación por códigos LDPC (codificación LDPC), por ejemplo, una matriz de generador G se produce en base a una matriz de comprobación de paridad H y esta matriz de generador G se multiplica por bits de información bidimensional para producir una palabra de código (código LDPC).

35 En particular, un aparato de codificación que lleva a cabo codificación LDPC primero calcula una matriz de generador G que satisface una expresión  $GH^T = 0$  junto con una matriz traspuesta  $H^T$  de una matriz de comprobación de paridad H. Aquí, si la matriz de generador G es una matriz  $K \times N$ , entonces el aparato de codificación multiplica la matriz de generador G por una cadena de bits (vector u) de K bits de información para producir una palabra de código c (= uG) de N bits. La palabra de código (código LDPC) producida por el aparato de codificación se recibe por el lado de recepción a través de un camino de codificación predeterminado.

40 La decodificación del código LDPC se puede llevar a cabo usando un algoritmo propuesto como decodificación probabilística (Decodificación Probabilística) por el Gallager, es decir, un algoritmo de paso de mensaje mediante propagación de creencias en un denominado gráfico de Tanner que incluye un nodo variable (también llamado nodo de mensaje) y un nodo de comprobación. En la siguiente descripción, cada uno del nodo variable y el nodo de comprobación se conoce adecuadamente simplemente como nodo.

La FIG. 2 ilustra un procedimiento de codificación de un código LDPC.

45 Se ha de señalar que, en la siguiente descripción, un valor de número real donde la probabilidad "0" en el valor del bit de código de orden n de un código LDPC (una palabra código) recibido por el lado de recepción se representa en una relación de verosimilitud logarítmica se conoce adecuadamente como el valor de recepción  $u_{0i}$ . Además, un mensaje emitido desde un nodo de comprobación se representa por  $u_j$  y un mensaje emitido desde un nodo variable se representa por  $v_i$ .

50 Primero, en la decodificación de un código LDPC, como se ve en la FIG. 2, se recibe un código LDPC y un mensaje (mensaje de nodo de comprobación)  $u_j$  se inicializa a "0" y además una variable k que supone un número entero como un contador de procesos repetidos se inicializa a "0" en el paso S11, después de lo cual el procesamiento avanza al paso S12. En el paso S12, la operación matemática representada por una expresión (1) (operación

matemática de nodo variable) se lleva a cabo en base al valor de recepción  $u_{oi}$  obtenido por la recepción del código LDPC para determinar un mensaje (mensaje de nodo variable)  $v_i$ . Además, la operación matemática representada por una expresión (2) (operación matemática de nodo de comprobación) se lleva a cabo en base al mensaje  $v_i$  para determinar el mensaje  $u_j$ .

5 [Expresión 1]

$$v_i = u_{oi} + \sum_{j=1}^{d_v-1} u_j \quad \dots (1)$$

[Expresión 2]

$$\tanh\left(\frac{u_j}{2}\right) = \prod_{i=1}^{d_c-1} \tanh\left(\frac{v_i}{2}\right) \quad \dots (2)$$

10 Aquí,  $d_v$  y  $d_c$  en la expresión (1) y la expresión (2) son parámetros que se puede seleccionar arbitrariamente y representan el número de "1" en una dirección vertical (columna) y una dirección horizontal (fila) de la matriz de comprobación de paridad H. Por ejemplo, en el caso de un código (3, 6),  $d_v = 3$  y  $d_c = 6$ .

15 Se ha de señalar que, en la operación matemática de nodo variable de la expresión (1) y la operación matemática de nodo de comprobación de la expresión (2), el intervalo de la operación matemática es 1 a  $d_v - 1$  o 1 a  $d_c - 1$  debido a que un mensaje introducido desde un borde (línea que interconecta un nodo variable y un nodo de comprobación) desde el cual ha de ser emitido un mensaje no se hace un objeto de la operación matemática. Mientras tanto, la operación matemática de nodo de comprobación de la expresión (2) se lleva a cabo produciendo por adelantado una tabla de una función  $R(v_1, v_2)$  representada por una expresión (3) definida por una salida con respecto a dos entradas  $v_1$  y  $v_2$  y usando la tabla sucesivamente (recursivamente) como se representa por una expresión (4).

[Expresión 3]

$$20 \quad x = 2 \tanh^{-1} \{ \tanh(v_1/2) \tanh(v_2/2) \} = R(v_1, v_2) \quad \dots (3)$$

[Expresión 4]

$$u_j = R(v_1, R(v_2, R(v_3, \dots, R(v_{d_c-2}, v_{d_c-1})))) \quad \dots (4)$$

25 En el paso S12, la variable k se aumenta en "1" además, y el procesamiento avanza al paso S13. En el paso S13, se decide si la variable k es mayor o no que un número de tiempo de decodificación repetido predeterminado C. Si se decide en el paso S13 que la variable k no es mayor que C, entonces el procesamiento vuelve al paso S12, y se repite a partir de entonces un procesamiento similar.

30 Por otra parte, si se decide en el paso S13 que la variable k es mayor que C, entonces el procesamiento avanza al paso S14, en el que se determina y emite un mensaje  $v_i$  como resultado de la decodificación a ser emitido finalmente llevando a cabo una operación matemática representada por una expresión (5), terminando por ello el proceso de codificación del código LDPC.

[Expresión 5]

$$v_i = u_{oi} + \sum_{j=1}^{d_v} u_j \quad \dots (5)$$

Aquí, la operación matemática de la expresión (5) se lleva a cabo, diferente de la operación matemática de nodo variable de la expresión (1), usando mensajes  $u_j$  de todos los bordes que conectan con el nodo variable.

35 La FIG. 3 ilustra un ejemplo de la matriz de comprobación de paridad H de un código LDPC (3, 6) (tasa de codificación: 1/2, longitud de código: 12).

En la matriz de comprobación de paridad H de la FIG. 3, la ponderación de una columna es 3 y la ponderación de una fila es 6 de manera similar como en la FIG. 1.

La FIG. 4 muestra un gráfico de Tanner de la matriz de comprobación de paridad H de la FIG. 3.

5 Aquí, en la FIG. 4, un nodo de comprobación se representa por "+", y un nodo variable se representa por "=". Un nodo de comprobación y un nodo variable corresponden a una fila y una columna de la matriz de comprobación de paridad H, respectivamente. Una conexión entre un nodo de comprobación y un nodo variable es un borde y corresponde a "1" de un elemento de la matriz de comprobación de paridad.

10 En particular, donde el elemento en la fila de orden j de la columna de orden i de la matriz de comprobación de paridad es 1, el nodo variable de orden i (nodo de "=") desde arriba y el nodo de comprobación de orden j (nodo de "+") desde arriba se conectan por un borde. El borde representa que un bit de código que corresponde al nodo variable tiene una condición de restricción que corresponde al nodo de comprobación.

En el algoritmo suma producto (Algoritmo Suma Producto) que es un método de decodificación para códigos LDPC, la operación matemática de nodo variable y la operación matemática de nodo de comprobación se llevan a cabo repetidamente.

15 La FIG. 5 ilustra la operación matemática de nodo variable llevada a cabo con respecto a un nodo variable.

Con respecto al nodo variable, un mensaje  $v_i$  que corresponde a un borde a ser calculado se determina por la operación matemática de nodo variable de la expresión (1) que usa mensajes  $u_1$  y  $u_2$  desde los bordes restantes que conectan al nodo variable y al valor de recepción  $u_{oi}$ . También un mensaje que corresponde a cualquier otro borde se determina de manera similar.

20 La FIG. 6 ilustra la operación matemática de nodo de comprobación llevada a cabo en un nodo de comprobación.

Aquí, la operación matemática de nodo de comprobación de la expresión (2) se puede llevar a cabo reescribiendo la expresión (2) a una expresión (6) usando la relación de una expresión  $a \times b = \exp(\ln(|a|) + \ln(|b|) \times \text{sign}(a) \times \text{sign}(b))$ . Se ha de señalar que  $\text{sign}(x)$  es 1 donde  $x \geq 0$  pero es -1 donde  $x < 0$ .

[Expresión 6]

$$\begin{aligned}
 u_j &= 2 \tanh^{-1} \left( \prod_{i=1}^{d_c-1} \tanh \left( \frac{v_i}{2} \right) \right) \\
 &= 2 \tanh^{-1} \left[ \exp \left\{ \sum_{i=1}^{d_c-1} \ln \left( \left| \tanh \left( \frac{v_i}{2} \right) \right| \right) \right\} \times \prod_{i=1}^{d_c-1} \text{sign} \left( \tanh \left( \frac{v_i}{2} \right) \right) \right] \\
 &= 2 \tanh^{-1} \left[ \exp \left\{ - \left( \sum_{i=1}^{d_c-1} - \ln \left( \left| \tanh \left( \frac{|v_i|}{2} \right) \right| \right) \right) \right\} \times \prod_{i=1}^{d_c-1} \text{sign}(v_i) \right] \dots (6)
 \end{aligned}$$

25 Además, si, donde  $x \geq 0$ , una función  $\phi(x)$  se define como una expresión  $\phi(x) = \ln(\tanh(x/2))$ , entonces dado que se satisface una expresión  $\phi^{-1}(x) = 2 \tanh^{-1}(e^{-x})$ , la expresión (6) se puede transformar en una expresión (7).

[Expresión 7]

$$u_j = \phi^{-1} \left( \sum_{i=1}^{d_c-1} \phi(|v_i|) \right) \times \prod_{i=1}^{d_c-1} \text{sign}(v_i) \dots (7)$$

30 En el nodo de comprobación, la operación matemática de nodo de comprobación de la expresión (2) se lleva a cabo según la expresión (7).

En particular, en el nodo de comprobación, el mensaje  $u_j$  que corresponde al borde a ser calculado se determina por la operación matemática de nodo de comprobación de expresión (7) usando los mensajes  $v_1, v_2, v_3, v_4$  y  $v_5$  de los

bordes restantes que conectan al nodo de comprobación. También un mensaje que corresponde a cualquier otro borde se determina de una manera similar.

5 Se ha de señalar que la función  $\varphi(x)$  de la expresión (7) se puede representar también como  $\varphi(x) = \ln((e^x + 1) / (e^x - 1))$ , y donde  $x > 0$ ,  $\varphi(x) = \varphi^{-1}(x)$ . Cuando las funciones  $\varphi(x)$  y  $\varphi^{-1}(x)$  se incorporan en hardware, mientras que algunas veces se incorporan usando una LUT (Tabla de Búsqueda), tales LUT llegan a ser la misma LUT.

Documento No de Patente 1: DVB-S.2: ETSI EN 302 307 V1.1.2 (06-2006)

### Descripción de la invención

#### Problema técnico

10 Aunque ha sido conocido que los códigos LDPC presentan una capacidad muy alta en un camino de comunicación AWGN (Ruido Blanco Gaussiano Aditivo), en los últimos años ha llegado a estar claro que incluso en los otros caminos de comunicación tienen una capacidad de corrección de errores mayor que los códigos de convolución convencionales o códigos de conexión de códigos de convolución y códigos RS (Reed Solomon).

15 En pocas palabras, si se selecciona un código que tiene un buen rendimiento en un camino de comunicación AWGN, entonces el código tiene frecuentemente un rendimiento mejor que los otros códigos también en otros caminos de comunicación.

20 De paso, se ha propuesto que, por ejemplo, donde se aplican códigos LDPC a difusión digital terrestre, los códigos LDPC percibidos en los estándares de DVB-S.2 y un sistema de modulación prescrito en los estándares DVB-T se combinan y un intercalador (intercalador de bits) para intercalar bits de código de un código LDPC se proporciona entre la codificación LDPC y la modulación para mejorar el rendimiento de los códigos LDPC en un camino de comunicación AWGN.

25 No obstante, en un camino de comunicación supuesto con respecto a ondas terrestres, algunas veces ocurren errores de ráfaga o borrado. Por ejemplo, en un sistema OFDM (Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal), en un entorno multitrayecto en donde la D/U (Relación Deseado a Indeseado) es 0 dB (potencia de Indeseado = eco es igual a la potencia de Deseado = camino principal), la potencia de un símbolo particular llega a ser cero (borrado) en respuesta a un retardo de un eco (caminos distintos del camino principal).

Además, también en un revuelo (un camino de comunicación en el cual se añade un eco cuyo retardo es cero y al cual se aplica una frecuencia Doppler (dopper)), donde la D/U es 0 dB, ocurre un caso en el que la potencia de un símbolo OFDM entero en un punto específico de tiempo se reduce a cero por la frecuencia Doppler.

30 Además, algunas veces surgen errores de ráfaga a partir de una situación de una línea cableada desde una antena a un aparato de recepción o inestabilidad de la fuente de alimentación.

Convencionalmente, también en un camino de comunicación en el que ocurren tales errores de ráfaga o borrado como se ha descrito anteriormente, se usa en un camino de comunicación AWGN un código de corrección de errores de un rendimiento alto.

35 Mientras tanto, en la decodificación de los códigos LDPC, dado que la operación matemática de nodo variable de la expresión (1) en donde la adición de (valores de recepción  $u_{oi}$  de) bits de código de un código LDPC como se ve en la FIG. 5 se lleva a cabo en una columna de la matriz de comprobación de paridad H y por lo tanto un nodo variable que corresponde a un bit de código del código LDPC, si ocurre un error con el bit de código usado para la operación matemática de nodo variable, entonces cae la precisión de un mensaje a ser determinado.

40 Entonces, dado que, en la decodificación del código LDPC, el mensaje determinado en el nodo variable que conecta al nodo de comprobación se usa para llevar a cabo una operación matemática de nodo de comprobación de la expresión (7) en el nodo de comprobación, si el número de nodos de comprobación donde (bits de código del código LDPC que corresponden a) una pluralidad de nodos variables conectados al mismo presentan un error (incluyendo borrado) al mismo tiempo llega a ser grande, entonces se deteriora el rendimiento de la decodificación.

45 Por ejemplo, si dos o más de los nodos variables conectados al nodo de comprobación sufren de borrado al mismo tiempo, entonces el nodo de comprobación devuelve un mensaje de que la probabilidad de que el valor pueda ser 0 y la probabilidad de que el valor pueda ser 1 son iguales entre sí para todos los nodos variables. En este caso, aquellos nodos de comprobación a los que el mensaje de las probabilidades iguales no contribuye a un ciclo de procesamiento de decodificación (un conjunto de operación matemática de nodo variable y de operación matemática de nodo de comprobación), y como resultado, se requieren un número de veces aumentado de repetición de procesamiento de decodificación. Por consiguiente, se deteriora el rendimiento de la decodificación. Además, aumenta el consumo de potencia de un aparato de recepción que lleva a cabo la decodificación del código LDPC.

50 Por consiguiente, en el presente, se demanda una técnica para mejorar la tolerancia a errores de ráfaga o borrado mientras que se mantiene el rendimiento en un camino de comunicación AWGN.

Aquí, se ha propuesto que se mejore el rendimiento de códigos LDPC en un camino de comunicación AWGN proporcionando un intercalador para intercalar bits de código de un código LDPC entre codificación LDPC y modulación como se ha descrito anteriormente, y si el intercalador puede llevar a cabo intercalado de disminución de la probabilidad que una pluralidad de unos de (bits de código de códigos LDPC que corresponden a) nodos variables conectados a un nodo de comprobación pueden presentar un error, entonces se puede mejorar el rendimiento de decodificación.

La presente invención se ha hecho en vista de tal situación como se ha descrito anteriormente y hace posible mejorar la tolerancia a errores de bits de código de un código LDPC tales como errores de ráfaga o borrado.

#### Solución técnica

Un aparato de procesamiento de datos de un primer aspecto de la presente invención es un aparato de procesamiento de datos que intercala datos, incluyendo medios de reordenación para llevar a cabo, donde un código LDPC (Comprobación de Paridad de Baja Densidad) se transmite como un símbolo o símbolos cada uno formado de dos o más bits de código del mismo, un proceso de reordenación de los bits de código del código LDPC de manera que una pluralidad de unos de los bits de código que corresponden al valor 1 incluido en una fila arbitraria de la matriz de comprobación de paridad no se incluyan en el mismo símbolo.

Un método de procesamiento de datos del primer aspecto de la presente invención es un método de procesamiento de datos para un aparato de procesamiento de datos que intercala datos, incluyendo un paso llevado a cabo por el aparato de procesamiento de datos de llevar a cabo, donde un código LDPC (Comprobación de Paridad de Baja Densidad) se transmite como un símbolo o símbolos cada uno formado de dos o más bits de código del mismo, una reordenación de los bits de código del código LDPC de manera que una pluralidad de unos de los bits de código que corresponden al valor 1 incluido en una fila arbitraria de la matriz de comprobación de paridad no se incluyan en el mismo símbolo.

En tal primer aspecto como se ha descrito anteriormente, donde un código LDPC (Comprobación de Paridad de Baja Densidad) se transmite como un símbolo o símbolos cada uno formado de dos o más bits de código del mismo, el aparato de procesamiento de datos lleva a cabo una reordenación de los bits de código del código LDPC de manera que una pluralidad de unos de los bits de código que corresponden al valor 1 incluido en una fila arbitraria de la matriz de comprobación de paridad no se incluyan en el mismo símbolo.

Un aparato de procesamiento de datos de un segundo aspecto de la presente invención es un aparato de procesamiento de datos que recibe un código LDPC (Comprobación de Paridad de Baja Densidad) transmitido al mismo en una forma intercalada como un símbolo o símbolos cada uno formado de dos o más bits de código, incluyendo medios de reordenación inversa para llevar a cabo, para un código LDPC obtenido llevando a cabo un proceso de reordenación de los bits de código del código LDPC de manera que una pluralidad de unos de los bits de código del código LDPC que corresponden al valor 1 incluido en una fila arbitraria de una matriz de comprobación de paridad no se incluyan en el mismo símbolo, un proceso de reordenación inversa que es una reordenación inversa que corresponde al proceso de reordenación, y medios de decodificación LDPC para llevar a cabo una decodificación LDPC del código LDPC para el cual se lleva a cabo el proceso de reordenación inversa.

Un método de procesamiento de datos del segundo aspecto de la presente invención es un método de procesamiento de datos para un aparato de procesamiento de datos que recibe un código LDPC (Comprobación de Paridad de Baja Densidad) transmitido al mismo de una forma intercalada como un símbolo o símbolos cada uno formado de dos o más bits de código, incluyendo un paso llevado a cabo por el aparato de procesamiento de datos de llevar a cabo, para un código LDPC obtenido llevando a cabo un proceso de reordenación de los bits de código del código LDPC de manera que una pluralidad de unos de los bits de código del código LDPC que corresponden al valor 1 incluido en una fila arbitraria de una matriz de comprobación de paridad no se incluyan en el mismo símbolo, un proceso de reordenación inversa que es reordenación inversa que corresponde al proceso de reordenación, y un paso llevado por el aparato de procesamiento de datos de llevar a cabo la decodificación LDPC del código LDPC para el cual se lleva a cabo el proceso de reordenación inversa.

En tal segundo aspecto como se ha descrito anteriormente, para un código LDPC obtenido llevando a cabo el proceso de reordenación, se lleva a cabo un proceso de reordenación inversa que es reordenación inversa que corresponde a la reordenación descrita anteriormente, y se lleva a cabo una decodificación LDPC del código LDPC para el cual se ha llevado a cabo un proceso de reordenación inversa.

Un aparato de procesamiento de datos de un tercer aspecto de la presente invención es un aparato de procesamiento de datos que intercala datos, incluyendo medios de reordenación para llevar a cabo, donde un código LDPC (Comprobación de Paridad de Baja Densidad) en el que una matriz de información que es esa parte de una matriz de comprobación de paridad del mismo que corresponde a bits de información del código LDPC y tiene una estructura cíclica se transmite como un símbolo o símbolos cada uno formado de dos o más bits de código del mismo mientras que el símbolo está formado de los bits de código del código LDPC que están escritos en una dirección de columna de medios de almacenamiento para almacenar los bits de código del código LDPC en una dirección de fila y la dirección de columna y se leen en la dirección de fila de los medios de almacenamiento, el

intercalado de torsión de columna de cambio de la posición de inicio de escritura cuando los bits de código del código LDPC han de ser escritos en la dirección de columna de los medios de almacenamiento para cada columna de los medios de almacenamiento como un proceso de reordenación para reordenar los bits de código del código LDPC.

5 Un método de procesamiento de datos del tercer aspecto de la presente invención es un método de procesamiento de datos para un aparato de procesamiento de datos que intercala datos, incluyendo un paso llevado a cabo por el aparato de procesamiento de datos de llevar a cabo, donde un código LDPC (Comprobación de Paridad de Baja Densidad) en el que una matriz de información que es esa parte de la matriz de comprobación de paridad del mismo que corresponde a bits de información del código LDPC y tiene una estructura cíclica se transmite como un símbolo o símbolos cada uno formado de dos o más bits de código del mismo mientras que el símbolo está formado de los bits de código del código LDPC que se escriben en una dirección de columna de medios de almacenamiento para almacenar los bits de código del código LDPC en una dirección de fila y la dirección de columna y se leen en la dirección de fila de los medios de almacenamiento, intercalado de torsión de columna de cambio de la posición de inicio de escritura cuando los bits de código del código LDPC han de ser escritos en la dirección de columna de los medios de almacenamiento para cada columna de los medios de almacenamiento como un proceso de reordenación para reordenar los bits de código del código LDPC.

En tal tercer aspecto como se ha descrito anteriormente, el intercalado de torsión de columna de cambio de la posición de inicio de escritura cuando los bits de código del código LDPC han de ser escritos en la dirección de columna de los medios de almacenamiento para cada columna de los medios de almacenamiento se llevan a cabo como un proceso de reordenación para reordenar los bits de código del código LDPC.

Un aparato de procesamiento de datos de un cuarto aspecto de la presente invención es un aparato de procesamiento de datos que recibe un código LDPC (Comprobación de Paridad de Baja Densidad) transmitido al mismo en una forma intercalada como un símbolo o símbolos cada uno formado de dos o más bits de código, incluyendo medios de reordenación inversa para llevar a cabo, donde el código LDPC es un código LDPC en el que una matriz de información que es esa parte del código LDPC que corresponde a bits de información del código LDPC en una matriz de comprobación de paridad del código LDPC tiene una estructura cíclica y el símbolo está formado de los bits de código del código LDPC que se escriben en una dirección de columna de medios de almacenamiento para almacenar los bits de código del código LDPC en una dirección de fila y la dirección de columna y se leen en la dirección de fila de dichos medios de almacenamiento, para un código LDPC obtenido llevando a cabo un intercalado de torsión de columna de cambio de la posición de inicio de escritura cuando los bits de código del código LDPC han de ser escritos en la dirección de columna de dichos medios de almacenamiento para cada columna de dichos medios de almacenamiento como un proceso de reordenación de reordenación de bits de código del código LDPC, un proceso de reordenación inversa que es reordenación inversa que corresponde al proceso de reordenación, y medios de decodificación LDPC para llevar a cabo decodificación LDPC del código LDPC para el cual se lleva a cabo el proceso de reordenación inversa.

Un método de procesamiento de datos según el cuarto aspecto de la presente invención es un método de procesamiento de datos para un aparato de procesamiento de datos que recibe un código LDPC (Comprobación de Paridad de Baja Densidad) transmitido al mismo en una forma intercalada como un símbolo o símbolos cada uno formado de dos o más bits de código, incluyendo un paso llevado a cabo por el aparato de procesamiento de datos de llevar a cabo, donde el código LDPC es un código LDPC en el que una matriz de información que es esa parte del código LDPC que corresponde a bits de información del código LDPC en una matriz de comprobación de paridad del código LDPC tiene una estructura cíclica y el símbolo está formado de los bits de código del código LDPC que se escriben en una dirección de columna de los medios de almacenamiento para almacenar los bits de código del código LDPC en una dirección de fila y la dirección de columna y se leen en la dirección de fila de los medios de almacenamiento, para un código LDPC obtenido llevando a cabo intercalado de torsión de columna de cambio de la posición de inicio de escritura cuando los bits de código del código LDPC han de ser escritos en la dirección de columna de los medios de almacenamiento para cada columna de los medios de almacenamiento como un proceso de reordenación de reordenación de los bits de código del código LDPC, un proceso de reordenación inversa que es reordenación inversa que corresponde al proceso de reordenación, y un paso llevado a cabo por el aparato de procesamiento de datos de llevar a cabo una decodificación LDPC del código LDPC para el cual se lleva a cabo el proceso de reordenación inversa.

En tal cuarto aspecto como se ha descrito anteriormente, un proceso de reordenación inversa que es reordenación inversa que corresponde al proceso de reordenación se lleva a cabo para un código LDPC obtenido llevando a cabo un intercalado de torsión de columna como un proceso de reordenación, y se lleva a cabo una decodificación LDPC del código LDPC para el cual se ha llevado a cabo el proceso de reordenación inversa.

Se ha de señalar que el aparato de procesamiento de datos puede ser un aparato independiente o puede ser un bloque interno que compone un aparato.

Efecto ventajoso

Con el primer al cuarto aspecto de la presente invención, se puede mejorar la tolerancia a errores de bits de código de un código LDPC.

**Breve descripción de los dibujos**

- La FIG. 1 es una vista que ilustra una matriz de comprobación de paridad H de un código LDPC.
- 5 La FIG. 2 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de decodificación de un código LDPC.
- La FIG. 3 es una vista que ilustra un ejemplo de una matriz de error de paridad de un código LDPC.
- La FIG. 4 es una vista que muestra un gráfico de Tanner de una matriz de comprobación de paridad.
- La FIG. 5 es una vista que muestra un nodo variable.
- La FIG. 6 es una vista que muestra un nodo de comprobación.
- 10 La FIG. 7 es una vista que muestra un ejemplo de una configuración de una realización de un sistema de transmisión al cual se aplica la presente invención.
- La FIG. 8 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de una configuración de un aparato de transmisión 11.
- La FIG. 9 es una vista que ilustra una matriz de comprobación de paridad.
- 15 La FIG. 10 es una vista que ilustra una matriz de paridad.
- La FIG. 11 es una vista que ilustra una matriz de comprobación de paridad de un código LDPC y ponderaciones de columnas prescritas en el estándar DVB-S.2.
- La FIG. 12 es una vista que ilustra una disposición de punto de señal de 16QAM.
- La FIG. 13 es una vista que ilustra una disposición de punto de señal de 64QAM.
- 20 La FIG. 14 es una vista que ilustra una disposición de punto de señal de 64QAM.
- La FIG. 15 es una vista que ilustra una disposición de punto de señal de 64QAM.
- La FIG. 16 es una vista que ilustra un procesamiento de un demultiplexor 25.
- La FIG. 17 es una vista que ilustra un procesamiento del demultiplexor 25
- La FIG. 18 es una vista que muestra un gráfico de Tanner con respecto a decodificación de un código LDPC.
- 25 La FIG. 19 es una vista que muestra una matriz de paridad  $H_T$  que tiene una estructura de escalera y un gráfico de Tanner que corresponde a la matriz de paridad  $H_T$ .
- La FIG. 20 es una vista que muestra la matriz de paridad  $H_T$  de una matriz de comprobación de paridad H que corresponde al código LDPC después de intercalado de paridad.
- La FIG. 21 es una vista que ilustra una matriz de comprobación de paridad de conversión.
- 30 La FIG. 22 es una vista que ilustra un procesamiento de un intercalador de torsión de columna 24.
- La FIG. 23 es una vista que ilustra números de columna de una memoria 31 necesaria para el intercalado de torsión de columna y direcciones de posiciones de inicio de escritura.
- La FIG. 24 es una vista que ilustra números de columna de la memoria 31 necesarios para el intercalado de torsión de columna y direcciones de posiciones de inicio de escritura.
- 35 La FIG. 25 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso de transmisión.
- La FIG. 26 es una vista que muestra un modelo de un camino de comunicación adoptado en una simulación.
- La FIG. 27 es una vista que ilustra una relación entre una tasa de error obtenida mediante la simulación y una frecuencia Doppler  $f_d$  de una fluctuación.
- 40 La FIG. 28 es una vista que ilustra una relación entre una tasa de error obtenida mediante la simulación y una frecuencia Doppler  $f_d$  de una fluctuación.
- La FIG. 29 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de una configuración de un aparato de recepción 12.

La FIG. 30 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso de recepción.

La FIG. 31 es una vista que ilustra un ejemplo de una matriz de comprobación de paridad de un código LDPC.

La FIG. 32 es una vista que ilustra una matriz (matriz de comprobación de paridad de conversión) obtenida aplicando sustitución de filas y sustitución de columnas a una matriz de comprobación de paridad.

5 La FIG. 33 es una vista que ilustra una matriz de comprobación de paridad de conversión dividida en una unidad de 5 x 5 bits.

La FIG. 34 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de una configuración de un aparato de decodificación en el que se lleva a cabo colectivamente una operación matemática de nodo para P nodos.

10 La FIG. 35 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de una configuración de una sección de decodificación LDPC 56.

La FIG. 36 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de una configuración de una realización de un ordenador al que se aplica la presente invención.

La FIG. 37 es una vista que ilustra un ejemplo de una tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad de una tasa de codificación de 2/3 y una longitud de código de 16.200.

15 La FIG. 38 es una vista que ilustra un ejemplo de una tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad de una tasa de codificación de 2/3 y una longitud de código de 64.800.

La FIG. 39 es una vista que ilustra el ejemplo de la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad de la tasa de codificación de 2/3 y la longitud de código de 64.800.

20 La FIG. 40 es una vista que ilustra el ejemplo de la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad de la tasa de codificación de 2/3 y la longitud de código de 64.800.

La FIG. 41 es una vista que ilustra un ejemplo de una tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad de una tasa de codificación de 3/4 y una longitud de código de 16.200.

La FIG. 42 es una vista que ilustra un ejemplo de una tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad de una tasa de codificación de 3/4 y una longitud de código de 64.800.

25 La FIG. 43 es una vista que ilustra el ejemplo de la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad de la tasa de codificación de 3/4 y la longitud de código de 64.800.

La FIG. 44 es una vista que ilustra el ejemplo de la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad de la tasa de codificación de 3/4 y la longitud de código de 64.800.

30 La FIG. 45 es una vista que ilustra el ejemplo de la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad de la tasa de codificación de 3/4 y la longitud de código de 64.800.

La FIG. 46 es una vista que ilustra un ejemplo de una tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad de una tasa de codificación de 4/5 y una longitud de código de 16.200.

La FIG. 47 es una vista que ilustra un ejemplo de una tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad de una tasa de codificación de 4/5 y una longitud de código de 64.800.

35 La FIG. 48 es una vista que ilustra el ejemplo de la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad de la tasa de codificación de 4/5 y la longitud de código de 64.800.

La FIG. 49 es una vista que ilustra el ejemplo de la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad de la tasa de codificación de 4/5 y la longitud de código de 64.800.

40 La FIG. 50 es una vista que ilustra el ejemplo de la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad de la tasa de codificación de 4/5 y la longitud de código de 64.800.

La FIG. 51 es una vista que ilustra un ejemplo de una tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad de una tasa de codificación de 5/6 y una longitud de código de 16.200.

La FIG. 52 es una vista que ilustra un ejemplo de una tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad de una tasa de codificación de 5/6 y una longitud de código de 64.800.

45 La FIG. 53 es una vista que ilustra el ejemplo de la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad de la tasa de codificación de 5/6 y la longitud de código de 64.800.



- La FIG. 77 es una vista que ilustra un ejemplo de una tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad de una tasa de codificación de  $1/4$  y una longitud de código de 16.200.
- La FIG. 78 es una vista que ilustra un ejemplo de una tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad de una tasa de codificación de  $1/3$  y una longitud de código de 16.200.
- 5 La FIG. 79 es una vista que ilustra un ejemplo de una tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad de una tasa de codificación de  $2/5$  y una longitud de código de 16.200.
- La FIG. 80 es una vista que ilustra un ejemplo de una tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad de una tasa de codificación de  $1/2$  y una longitud de código de 16.200.
- 10 La FIG. 81 es una vista que ilustra un ejemplo de una tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad de una tasa de codificación de  $3/5$  y una longitud de código de 16.200.
- La FIG. 82 es una vista que ilustra otro ejemplo de la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad de la tasa de codificación de  $3/5$  y la longitud de código de 16.200.
- La FIG. 83 es una vista que ilustra un método de determinación de una matriz de comprobación de paridad H a partir de una tabla inicial de matriz de comprobación de paridad.
- 15 La FIG. 84 es una vista que ilustra un ejemplo de sustitución de bits de código.
- La FIG. 85 es una vista que ilustra otro ejemplo de sustitución de bits de código.
- La FIG. 86 es una vista que ilustra un ejemplo adicional de sustitución de bits de código.
- La FIG. 87 es una vista que ilustra un ejemplo aún adicional de sustitución de bits de código.
- La FIG. 88 es una vista que ilustra un resultado de simulación de la BER.
- 20 La FIG. 89 es una vista que ilustra otro resultado de simulación de la BER.
- La FIG. 90 es una vista que ilustra un resultado de simulación adicional de la BER.
- La FIG. 91 es una vista que ilustra aún un resultado de simulación de la BER.
- La FIG. 92 es una vista que ilustra un ejemplo de sustitución de bits de código.
- La FIG. 93 es una vista que ilustra otro ejemplo de sustitución de bits de código.
- 25 La FIG. 94 es una vista que ilustra un ejemplo adicional de sustitución de bits de código.
- La FIG. 95 es una vista que ilustra un ejemplo aún adicional de sustitución de bits de código.
- La FIG. 96 es una vista que ilustra un ejemplo aún adicional de sustitución de bits de código.
- La FIG. 97 es una vista que ilustra un ejemplo aún adicional de sustitución de bits de código.
- La FIG. 98 es una vista que ilustra un ejemplo aún adicional de sustitución de bits de código.
- 30 La FIG. 99 es una vista que ilustra un ejemplo aún adicional de sustitución de bits de código.
- La FIG. 100 es una vista que ilustra un ejemplo aún adicional de sustitución de bits de código.
- La FIG. 101 es una vista que ilustra un ejemplo aún adicional de sustitución de bits de código.
- La FIG. 102 es una vista que ilustra un ejemplo aún adicional de sustitución de bits de código.
- La FIG. 103 es una vista que ilustra un ejemplo aún adicional de sustitución de bits de código.
- 35 La FIG. 104 es una vista que ilustra un procesamiento de un multiplexor 54 que compone un desintercalador 53.
- La FIG. 105 es una vista que ilustra un procesamiento de un desintercalador de torsión de columna 55.
- La FIG. 106 es un diagrama de bloques que muestra otro ejemplo de una configuración del aparato de recepción 12.
- La FIG. 107 es un diagrama de bloques que muestra un primer ejemplo de una configuración de un sistema de recepción que se puede aplicar al aparato de recepción 12.
- 40 La FIG. 108 es un diagrama de bloques que muestra un segundo ejemplo de la configuración del sistema de recepción que se puede aplicar al aparato de recepción 12.

La FIG. 109 es un diagrama de bloques que muestra un tercer ejemplo de la configuración del sistema de recepción que se puede aplicar al aparato de recepción 12.

**Explicación de los símbolos de referencia**

5 11 Aparato de transmisión, 12 Aparato de recepción, 21 Sección de codificación LDPC, 22 Intercalador de bits, 23 Intercalador de paridad, 24 Intercalador de torsión de columna, 25 Demultiplexor, 26 Sección de correspondencia, 27 Sección de modulación ortogonal, 31 Memoria, 32 Sección de sustitución, 51 Sección de demodulación ortogonal, 52 Sección de descorrespondencia, 53 Desintercalador, 54 Multiplexor, 55 Intercalador de torsión de columna, 56 Sección de decodificación LDPC, 300 Memoria de almacenamiento de datos de borde, 301 Selector, 302 Sección de cálculo de nodo de comprobación, 303 Circuito de desplazamiento cíclico, 304 Memoria de almacenamiento de datos de borde, 305 Selector, 306 Memoria de datos de recepción, 307 Sección de cálculo de nodo variable, 308 Circuito de desplazamiento cíclico, 309 Sección de cálculo de palabra decodificada, 310 Sección de reordenación de datos de recepción, 311 Sección de reordenación de datos decodificados, 401 Bus, 402 CPU, 403 ROM, 404, RAM, 405 Disco duro, 406 Sección de salida, 407 Sección de entrada, 408 Sección de comunicación, 409 Unidad, 410 Interfaz de entrada/salida, 411 Medio de grabación extraíble, 1001 Sección de sustitución inversa, 1002 Memoria, 1011 Desintercalador de paridad, 1021 Sección de decodificación LDPC, 1101 Sección de adquisición, 1101 Sección de procesamiento de decodificación de línea de transmisión, 1103 Sección de procesamiento de decodificación de fuente de información, 1111 Sección de salida, 1121 Sección de grabación.

**Mejor modo para llevar a cabo la invención**

20 La FIG. 7 muestra un ejemplo de una configuración de una realización de un sistema de transmisión al cual se aplica la presente invención (el término sistema significa un agregado lógico de una pluralidad de aparatos con independencia de si el aparato de componente individual se incluye o no en el mismo alojamiento).

Con referencia a la FIG. 7, el sistema de transmisión incluye un aparato de transmisión 11 y un aparato de recepción 12.

25 El aparato de transmisión 11 es, por ejemplo, un aparato que lleva a cabo la transmisión de un programa de difusión de televisión y transmite datos de objeto que son un objeto de transmisión tal como datos de imagen, datos de sonido, etc. como un programa de difusión de televisión, por ejemplo, a través de un canal por satélite u ondas terrestres.

El aparato de recepción 12 es, por ejemplo, un sintonizador o un receptor de televisión para recibir un programa de difusión de televisión, y recibe datos de objeto transmitidos al mismo desde el aparato de transmisión 11.

30 La FIG. 8 muestra un ejemplo de una configuración del aparato de transmisión 11 de la FIG. 7.

Con referencia a la FIG. 8, el aparato de transmisión 11 incluye una sección de codificación LDPC 21, un intercaldador de bits 22, una sección de correspondencia 26 y una sección de modulación ortogonal 27.

Para la sección de codificación LDPC 21, se suministran datos de objeto.

35 La sección de codificación LDPC 21 lleva a cabo codificación LDPC de los datos de objeto suministrados a la misma según una matriz de comprobación de paridad en la que una matriz de paridad que es una parte que corresponde a los bits de paridad de un código LDPC tiene una estructura de escalera y emite un código LDPC en donde los datos de objeto son bits de información.

40 En particular, la sección de codificación LDPC 21 lleva a cabo codificación LDPC de codificación de datos de objeto en un código LDPC prescrito, por ejemplo, en los estándares DVB-S.2 y emite un código LDPC obtenido como resultado de la codificación LDPC.

45 Aquí, el código LDPC prescrito en el estándar DVB-S.2 es un código IRA (Acumulación de Repetición Irregular), y la matriz de paridad en la matriz de comprobación de paridad del código LDPC tiene una estructura de escalera. La matriz de paridad y la estructura de escalera se describen en lo sucesivo. Además, el código IRA se describe, por ejemplo, en "Irregular Repeat-Accumulate Codes", H. Jin., A. Khandekar, y R. J. McEliece, en las Actas del 2º Simposio Internacional sobre Turbo códigos y Tópicos Relacionados, páginas 1-8, septiembre de 2000.

El código LDPC emitido desde la sección de codificación LDPC 21 se suministra al intercaldador de bits 22.

El intercaldador de bits 22 es un aparato de procesamiento de datos para intercalar datos e incluye un intercaldador de paridad 23, un intercaldador de torsión de columna 24 y un demultiplexor (DEMUX) 25.

50 El intercaldador de paridad 23 lleva a cabo el intercalado de paridad de intercalado de bits de paridad del código LDPC desde la sección de codificación LDPC 21 a posiciones de otros bits de paridad y suministra el código LDPC después del intercalado de paridad al intercaldador de torsión de columna 24.

El intercalador de torsión de columna 24 lleva a cabo intercalado de torsión de columna para el código LDPC desde el intercalador de paridad 23 y suministra el código LDPC después del intercalado de torsión de columna al demultiplexor 25.

5 En particular, el código LDPC se transmite después de que se mapean dos o más bits de código del mismo a un símbolo de modulación ortogonal por la sección de correspondencia 26 descrita en lo sucesivo.

10 El intercalador de torsión de columna 24 lleva a cabo, por ejemplo, tal intercalado de torsión de columna como se describe en lo sucesivo como un proceso de reordenación de bits de código del código LDPC desde el intercalador de paridad 23 de manera que una pluralidad de bits de código del código LDPC que corresponde al valor 1 incluido en una fila arbitraria de la matriz de comprobación de paridad usada en la sección de codificación LDPC 21 no se mapean a un símbolo.

El demultiplexor 25 lleva a cabo un proceso de sustitución de las posiciones de dos o más bits de código del código LDPC desde el intercalador de torsión de columna 24 que se mapean a un símbolo para obtener un código LDPC cuya tolerancia a AWGN se refuerza y suministra el código LDPC a la sección de correspondencia 26.

15 La sección de correspondencia 26 mapea dos o más bits de código del código LDPC desde el demultiplexor 25 a puntos de señal determinados por un método de modulación de modulación ortogonal (modulación de múltiples valores) llevada a cabo por la sección de modulación ortogonal 27.

20 En particular, la sección de correspondencia 26 simboliza el código LDPC desde el demultiplexor 25 a un símbolo (valor de símbolo), representado por un punto de señal determinado por el sistema de modulación, en un plano IQ (constelación IQ) definido por un eje I representativo de una componente I que está en fase con una portadora y un eje Q representativo de una componente Q que es ortogonal a la onda portadora.

25 Aquí, como el método de modulación de modulación ortogonal llevada a cabo por la sección de modulación ortogonal 27, están disponibles métodos de modulación que incluyen, por ejemplo, un método de modulación definido en los estándares DVB-T, es decir, por ejemplo, QPSK (Codificación por Desplazamiento de Fase en Cuadratura), 16QAM (Modulación de Amplitud en Cuadratura), 64QAM, 256QAM, 1024QAM, 4096QAM, etc. Qué método de modulación se debería usar para modulación ortogonal a ser llevada a cabo por la sección de modulación ortogonal 27 se fija por adelantado, por ejemplo, según una operación del aparato de transmisión 11 por un operador. Se ha de señalar que la sección de modulación ortogonal 27 puede llevar a cabo alguna otra modulación ortogonal tal como, por ejemplo, 4PAM (Modulación de Amplitud de Pulsos).

El símbolo obtenido por la sección de correspondencia 26 se suministra a la sección de modulación ortogonal 27.

30 La sección de modulación ortogonal 27 lleva a cabo modulación ortogonal de una portadora según el símbolo desde la sección de correspondencia 26 y transmite una señal de modulación obtenida mediante la modulación ortogonal.

Ahora, la FIG. 9 ilustra una matriz de comprobación de paridad H usada en la codificación LDPC por la sección de codificación LDPC 21 de la FIG. 8.

35 La matriz de comprobación de paridad H tiene una estructura LDGM (Matriz de Generación de Baja Densidad) y se puede representar mediante una expresión  $H = [H_A | H_T]$  a partir de una matriz de información  $H_A$  de una parte que corresponde a bits de información y un matriz de paridad  $H_T$  que corresponde a bits de paridad de entre bits de código del código LDPC (matriz en la que los elementos de la matriz de información  $H_A$  son elementos en el lado izquierdo y los elementos de la matriz de paridad  $H_T$  son elementos en el lado derecho).

40 Aquí, el número de bits de los bits de información y el número de bits de los bits de paridad de entre los bits de código de un código LDPC (una palabra de código) se conocen como longitud de información K y longitud de paridad M, y el número de bits de los bits de código de un código LDPC se conoce como longitud de código N (= K + M).

45 La longitud de información K y la longitud de paridad M con respecto a un código LDPC de una cierta longitud de código N dependen de la tasa de codificación. Mientras tanto, la matriz de comprobación de paridad H es una matriz cuyas filas x columnas son M x N. Entonces, la matriz de información  $H_A$  es una matriz M x K y la matriz de paridad  $H_T$  es una matriz M x M.

La FIG. 10 ilustra la matriz de paridad  $H_T$  de la matriz de comprobación de paridad H de un código LDPC prescrito en el estándar DVB-S.2.

50 La matriz de paridad  $H_T$  de la matriz de comprobación de paridad H del código LDPC prescrito en el estándar DVB-S.2 tiene una estructura de escalera en donde los elementos del valor 1 se disponen como una escalera como se ve en la FIG. 10. La ponderación de fila de la matriz de paridad  $H_T$  es 1 con respecto a la primera fila, pero es 2 con respecto a todas las filas restantes. Mientras tanto, la ponderación de columna es 1 con respecto a la última fila, pero es 2 con respecto a todas las columnas restantes.

Como se ha descrito anteriormente, el código LDPC de la matriz de comprobación de paridad H en donde la matriz de paridad  $H_T$  tiene una estructura de escalera se puede producir fácilmente usando la matriz de comprobación de paridad H.

5 En particular, un código LDPC (una palabra de código) se representa por un vector de fila c y un vector de columna obtenido trasponiendo el vector de fila se representa por  $C^T$ . Además, una parte de bits de información desde dentro del vector de fila c que es un código LDPC se representa por un vector de fila A y una parte de bits de paridad se representa por un vector de fila T.

10 Aquí, en este caso, el vector de fila c se puede presentar por una expresión  $c = [A|T]$  a partir del vector de fila A como bits de información y el vector de fila T como bits de paridad (vector de fila en donde los elementos del vector de fila A son elementos en el lado izquierdo y los elementos del vector de fila T son elementos en el lado derecho).

15 Es necesario para la matriz de comprobación de paridad H y el vector de fila  $c = [A|T]$  como el código LDPC satisfacer una expresión  $Hc^T = 0$ , y donde la matriz de paridad  $H_T$  de la matriz de comprobación de paridad  $H = [H_A|H_T]$  tiene tal estructura de escalera como se muestra en la FIG. 10, el vector de fila T como bits de paridad que forma el vector de fila  $c = [A|T]$  que satisface la expresión  $Hc^T = 0$  se puede determinar secuencialmente fijando sucesivamente los elementos en las filas comenzando con los elementos en la primera fila del vector de columna  $Hc^T$  en la expresión  $Hc^T = 0$  a cero.

La FIG. 11 ilustra la matriz de comprobación de paridad H de un código LDPC y ponderaciones de columna definidas en el estándar DVB-S.2.

20 En particular, A de la FIG. 11 ilustra la matriz de comprobación de paridad H de un código LDPC definido en el estándar DVB-S.2.

Con respecto a las columnas KX de la primera columna de la matriz de comprobación de paridad H, la ponderación de columna es X; con respecto a K3 columnas sucesivas, la ponderación de columna es 3; con respecto a M-1 columnas sucesivas, la ponderación de columna es 2; y con respecto a la última columna, la ponderación de columna es 1.

25 Aquí,  $KX + K3 + M - 1 + 1$  es igual a la longitud de código N.

En el estándar DVB-S.2, los números de columna KX, K3 y M (longitud de paridad) así como la ponderación de columna X están prescritos de tal manera como se ve en B de la FIG. 11.

En particular, B de la FIG. 11 ilustra los números de columna KX, K3 y M, así como la ponderación de columna X con respecto a diferentes tasas de codificación de los códigos LDPC prescritos en el estándar DVB-S.2.

30 En el estándar DVB-S.2, están prescritos los códigos LDPC de las longitudes de código N de 64.800 bits y 16.200 bits.

35 Y como se ve en B de la FIG. 11, para el código LDPC cuya longitud de código N es 64.800 bits, están prescritas 11 tasas de codificación (tasas nominales) 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9 y 9/10, y para el código LDPC cuya longitud de código N es 16.200 bits, están prescritas 10 tasas de codificación 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6 y 8/9.

Con respecto a los códigos LDPC, se sabe que los bits de código que corresponden a una columna de la matriz de comprobación de paridad H que tiene una ponderación de columna más alta presenta una tasa de error inferior.

40 La matriz de comprobación de paridad H prescrita en el estándar DVB-S.2 e ilustrada en la FIG.11 tiene una tendencia de que una columna más cercana al lado de la cabecera (lado izquierdo) tenga una ponderación de columna más alta. Por consiguiente, el código LDPC que corresponde a la matriz de comprobación de paridad H tiene una tendencia de que un bit de código más cercano a la cabecera es mayor en tolerancia a un error (tiene una tolerancia más alta a un error) y un bit de código más cercano a la cola es menor en tolerancia a un error.

La FIG. 12 ilustra una disposición de (puntos de señal que corresponden a) 16 símbolos en el plano IQ donde se lleva a cabo 16 QAM por la sección de modulación ortogonal 27 de la FIG. 8.

45 En particular, A de la FIG. 12 ilustra símbolos de 16QAM.

En 16QAM, un símbolo representa 4 bits, y existen 16 ( $= 2^4$ ) símbolos. Entonces, los 16 símbolos se disponen de manera que forman una forma cuadrada de 4 x 4 símbolos en la dirección I x la dirección Q centrada en el origen del plano IQ.

50 Ahora, si 4 bits representados por un símbolo de 16QAM se representan por  $y_0, y_1, y_2$  e  $y_3$  en orden desde el bit más significativo, entonces donde el sistema de modulación es el 16QAM, 4 bits de código del código LDPC se mapean a un símbolo de los 4 bits  $y_0$  a  $y_3$  que coinciden con los 4 bits por la sección de correspondencia 26 (FIG. 8).

B de la FIG. 12 indica límites de bit con respecto a los 4 bits  $y_0$  a  $y_3$  representados por el símbolo del 16QAM.

Aquí, un límite de bit con respecto a un bit  $y_i$  (en la FIG. 12,  $i = 0, 1, 2, 3$ ) significa un límite entre un símbolo cuyo bit  $y_i$  es 0 y otro símbolo cuyo bit  $y_i$  es 1.

5 Como se ve en B de la FIG. 12, en cuanto al bit más significativo  $y_0$  de entre los 4 bits  $y_0$  a  $y_3$  representados por el símbolo de 16QAM, solamente una ubicación del eje Q en el plano IQ hace un límite de bit, y en cuanto al segundo bit  $y_1$  (segundo a partir del bit más significativo), solamente una ubicación del eje I en el plano IQ hace un límite de bit.

Además, en cuanto al tercer bit  $y_3$ , cada una de dos ubicaciones entre la primera y la segunda columnas y entre la tercera y cuarta columnas de la izquierda de los 4 x 4 símbolos hace un límite.

10 Además, en cuanto al cuarto bit  $y_3$ , cada una de dos ubicaciones entre la primera y la segunda filas y entre la tercera y cuarta filas de los 4 x 4 símbolos hace un límite.

El bit  $y_1$  representado por un símbolo es menos probable que llegue a ser erróneo en la medida que el número de símbolos separados lejos de un límite de bit aumenta, pero es más probable que llegue a ser erróneo en la medida que aumenta el número de símbolos colocados más cerca de un límite de bit.

15 Si un bit que es menos probable que llegue a ser erróneo (es tolerante a un error) se conoce como "bit fuerte" pero un bit que es más probable que llegue a ser erróneo (es tolerante a un error) se conoce como "bit débil", entonces en cuanto a los 4 bits  $y_0$  a  $y_3$  representados por símbolos de 16QAM, el bit más significativo  $y_0$  y el segundo bit  $y_1$  son bits fuertes y el tercer bit  $y_2$  y el cuarto bit  $y_3$  son bits débiles.

20 Las FIG. 13 a 15 ilustran disposiciones de (puntos de señal que corresponde a) 64 símbolos en el plano IQ donde se lleva a cabo 64QAM por la sección de modulación ortogonal 27 de la FIG. 8.

En 64QAM, un símbolo representa 6 bits, y existen 64 ( $= 2^6$ ) símbolos. Entonces, los 64 símbolos se disponen de manera que hacen un cuadrado de 8 x 8 símbolos en la dirección I x la dirección Q centrados en el origen del plano IQ.

25 Ahora, si se supone que se representan los 6 bits representados por un símbolo de 64QAM como  $y_0, y_1, y_2, y_3, y_4$  e  $y_5$  en orden desde el bit más significativo, entonces donde el sistema de modulación es 64QAM, 6 bits de código del código LDPC se mapean a un símbolo de los 6 bits  $y_0$  a  $y_5$  coincidente con los 6 bits.

Aquí, la FIG. 13 indica límites de bit con respecto al bit más significativo  $y_0$  y al segundo bit  $y_1$  de entre los 6 bits  $y_0$  a  $y_5$  representados por símbolos de 64QAM; la FIG. 14 indica los límites de bit con respecto al tercer bit  $y_2$  y el cuarto bit  $y_3$ ; y la FIG. 15 indica los límites de bit con respecto al quinto bit  $y_4$  y el sexto bit  $y_5$ .

30 Como se ve en la FIG. 13, el número de límites de bits con respecto a cada uno del bit más significativo  $y_0$  y el segundo bit  $y_1$  es uno. Mientras tanto, como se ve en la FIG. 14, el número de límites de bits con respecto a cada uno del tercer bit  $y_2$  y el cuarto bit  $y_3$  es dos, y como se ve en la FIG. 15, el número de límites de bit con respecto a cada uno del quinto bit  $y_4$  y el sexto bit  $y_5$  es cuatro.

35 Por consiguiente, entre los 6 bits  $y_0$  a  $y_5$  representados por símbolos de 64QAM, el bit más significativo  $y_0$  y el segundo bit  $y_1$  son los bits más fuertes, y el tercer bit  $y_2$  y el cuarto bit  $y_3$  son los segundos bits más fuertes. Entonces, el quinto bit  $y_4$  y el sexto bit  $y_5$  son los bits más débiles.

A partir de la FIG. 12 y además a partir de las FIG. 13 a 15, se puede ver que, en cuanto a los bits de símbolos de modulación ortogonal, hay una tendencia a que un bit de orden alto es un bit fuerte y un bit de orden bajo es un bit débil.

40 Aquí, como se ha descrito anteriormente con referencia a la FIG. 11, un código LDPC emitido desde la sección de codificación LDPC 21 (FIG. 8) incluye bits de código que son tolerantes a errores y bits de código que son menos tolerantes a errores.

Mientras tanto, como se ha descrito anteriormente con referencia a las FIG. 12 a 15, los bits de símbolos de modulación ortogonal llevados a cabo por la sección de modulación ortogonal 27 incluyen bits fuertes y bits débiles.

45 Por consiguiente, si se lleva a cabo la correspondencia de asignación de un bit de código del código LDPC que es bajo en tolerancia a un error a un bit débil de un símbolo de modulación ortogonal, entonces la tolerancia a un error cae como un todo.

50 Por lo tanto, se ha propuesto un intercalador el cual intercala bits de código de un código LDPC de manera que se lleva a cabo una correspondencia de asignación de bits de código del código LDPC que son bajos en tolerancia a un error a bits fuertes de un símbolo de modulación ortogonal.

El demultiplexor 25 de la FIG. 8 lleva a cabo el procesamiento del intercalador.

La FIG. 16 es una vista que ilustra el procesamiento del demultiplexor 25 de la FIG. 8.

En particular, A de la FIG. 16 muestra un ejemplo de una configuración funcional del demultiplexor 25.

El demultiplexor 25 incluye una memoria 31 y una sección de sustitución 32.

A la memoria 31, se suministra un código LDPC.

- 5 La memoria 31 tiene una capacidad de almacenamiento para almacenar  $mb$  bits en la dirección (horizontal) de una fila y almacenar  $N/(mb)$  bits en la dirección (vertical) de una columna. La memoria 31 escribe bits de código del código LDPC suministrado a la misma en la dirección de columna y lee los bits de código en la dirección de fila y entonces suministra los bits de código leídos a la sección de sustitución 32.

- 10 Aquí,  $m$  representa el número de bits de los bits de código de un código LDPC a ser mapeado a un símbolo, y  $b$  es un número entero positivo predeterminado y un múltiplo a ser usado para multiplicar  $m$  por el número entero. Mientras tanto,  $N$  (= longitud de información  $K$  + longitud de paridad  $M$ ) representa la longitud de código del código LDPC como se ha descrito anteriormente.

- 15 A de la FIG. 16 muestra un ejemplo de una configuración del demultiplexor 25 donde el sistema de modulación es 64QAM, y, por consiguiente, el número de bits  $m$  de los bits de código del código LDPC a ser mapeado a un símbolo es 6 bits.

Además, en A de la FIG. 16, el múltiplo  $b$  es 1, y, por consiguiente, la memoria 31 tiene una capacidad de almacenamiento de  $N/(6 \times 1) \times (6 \times 1)$  bits en la dirección de columna  $\times$  la dirección de fila.

- 20 Aquí, una región de almacenamiento de la memoria 31 que se extiende en la dirección de columna e incluye un bit en la dirección de fila se conoce en lo sucesivo adecuadamente como columna. En A de la FIG. 16, la memoria 31 incluye seis (=  $6 \times 1$ ) columnas.

El demultiplexor 25 lleva a cabo la escritura de los bits de código del código LDPC en una dirección hacia abajo desde por encima de una columna que forma la memoria 31 (en una dirección de columna) comenzando con una columna del lado izquierdo hacia una columna del lado derecho.

- 25 Entonces, si la escritura de los bits de código termina con el bit de más abajo en la columna de más a la derecha, entonces los bits de código se leen y suministran a la sección de sustitución 32 en una unidad de 6 bits ( $mb$  bits) en la dirección de fila comenzando con la primera fila de todas las columnas que forman la memoria 31.

La sección de sustitución 32 lleva a cabo un proceso de sustitución de la posición de los bits de código de 6 bits de la memoria 31 y emite los 6 bits obtenidos por la sustitución como 6 bits  $y_0, y_1, y_2, y_3, y_4$  e  $y_5$  representativos de un símbolo de 64QAM.

- 30 En particular, si los 6 bits de código leídos en la dirección de fila de la memoria 31 se representan como  $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4$  y  $b_5$  en orden desde el bit más significativo, entonces a partir de una relación de la ponderación de columna descrita anteriormente con referencia a la FIG. 11, el bit de código colocado en la dirección del bit  $b_0$  es un bit de código alto en tolerancia a un error mientras que el bit de código en la dirección del bit  $b_5$  es un bit de código bajo en tolerancia a un error.

- 35 La sección de sustitución 32 lleva a cabo un proceso de sustitución de la posición de los 6 bits de código  $b_0$  a  $b_5$  de la memoria 31 de manera que un bit de código que es bajo en tolerancia a un error de entre los 6 bits de código  $b_0$  a  $b_5$  de la memoria 31 se puede asignar a un bit que es alto en tolerancia de entre los 6 bits  $y_0$  a  $y_5$  representativos de un símbolo de 64QAM.

- 40 Aquí, para un método de sustitución para sustituir los 6 bits de código  $b_0$  a  $b_5$  de la memoria 31 para ser asignados a los 6 bits  $y_0$  a  $y_5$  representativos de un símbolo de 64QAM, se han propuesto varios sistemas.

B de la FIG. 16 ilustra un primer método de sustitución; C de la FIG. 16 ilustra un segundo método de sustitución; y D de la FIG. 16 ilustra un tercer método de sustitución.

- 45 En B de la FIG. 16 a D de la FIG. 16 (de manera similar también en la FIG. 17 descrita en lo sucesivo), un segmento de línea que interconecta los bits  $b_i$  e  $y_j$  significa que el bit de código  $b_i$  está asignado al bit  $y_j$  del símbolo (se sustituye en la posición del bit  $y_j$ ).

Como el primer método de sustitución de B de la FIG. 16, se propone adoptar un de tres tipos, y como el segundo método de sustitución de C de la FIG. 16, se propone adoptar uno de dos tipos.

Como el tercer método de sustitución de D de la FIG. 16, se propone seccionar y usar seis tipos en orden.

La FIG.17 ilustra un ejemplo de una configuración del demultiplexor 25 en un caso en donde el método de modulación es 64QAM (por consiguiente, el número de bits  $m$  de bits de código de un código LDPC mapeado a un símbolo es 6 de manera similar a como en la FIG. 16) y el múltiplo  $b$  es 2, y un cuarto método de sustitución.

5 Donde el múltiplo  $b$  es 2, la memoria 31 tiene una capacidad de almacenamiento de  $N/ (6 \times 2) \times (6 \times 2)$  bits en la dirección de columna  $\times$  la dirección de fila e incluye 12 (=  $6 \times 2$ ) columnas.

A de la FIG. 17 ilustra un orden de escritura de un código LDPC en la memoria 31.

10 El demultiplexor 25 lleva a cabo la escritura de los bits de código del código LDPC en una dirección hacia abajo desde por encima de una columna que forma la memoria 31 (en la dirección de columna) comenzando con una columna del lado izquierdo hacia una columna del lado derecho como se ha descrito anteriormente con referencia a la FIG. 16.

Entonces, si la escritura de los bits de código termina con el bit de más abajo en la columna de más a la derecha, entonces los bits de código se leen y suministran a la sección de sustitución 32 en una unidad de 12 bits ( $mb$  bits) en la dirección de fila comenzando con la primera fila de todas las columnas que forman la memoria 31.

15 La sección de sustitución 32 lleva a cabo un proceso de sustitución de sustitución de la posición 12 bits de código de la memoria 31 según el cuarto método de sustitución y emite los 12 bits obtenidos mediante la sustitución como 12 bits representativos de dos símbolos ( $b$  símbolos) de 64QAM, en particular, como 6 bits  $y_0, y_1, y_2, y_3, y_4$  e  $y_5$  representativos de un símbolo de 64QAM y 6 bits  $y_0, y_1, y_2, y_3, y_4$  e  $y_5$  representativos de un siguiente símbolo.

Aquí, B de la FIG. 17 ilustra el cuarto método de sustitución del proceso de sustitución por la sección de sustitución 32 de la FIG. 17.

20 Se ha de señalar que qué método de sustitución es óptimo, es decir, qué método de sustitución proporciona la mejor tasa de error en un camino de comunicación AWGN, difiere dependiendo de la tasa de codificación de código LDPC, etc.

Ahora, se describe con referencia a las FIG. 18 a 20 un intercalado de paridad mediante el intercalador de paridad 23 de la FIG. 8.

25 La FIG. 18 muestra (parte de) un gráfico de Tanner de la matriz de comprobación de paridad del código LDPC.

30 Si una pluralidad de (bits de código que corresponden a) nodos variables que se conectan a un nodo de comprobación tal como dos nodos variables sufren de un error tal como borrado al mismo tiempo como se muestra en la FIG. 18, entonces el nodo de comprobación devuelve un mensaje de una probabilidad igual que representa que la probabilidad de que el valor pueda ser 0 y la probabilidad de que el valor pueda ser 1 son iguales una a otra para todos los nodos variables que se conectan al nodo de comprobación. Por lo tanto, si una pluralidad de nodos variables que se conectan al mismo nodo de comprobación se colocan en un estado de borrado o similar al mismo tiempo, entonces se deteriora el rendimiento en la decodificación.

35 De paso, un código LDPC emitido desde la sección de codificación LDPC 21 de la FIG. 8 y prescrito en el estándar DVB-S.2 es un código IRA, y la matriz de paridad  $H_T$  de la matriz de comprobación de paridad  $H$  tiene una estructura de escalera como se muestra en la FIG. 10.

La FIG. 19 ilustra una matriz de paridad  $H_T$  que tiene una estructura de escalera y un gráfico de Tanner que corresponde a la matriz de paridad  $H_T$ .

En particular, A de la FIG. 19 ilustra una matriz de paridad  $H_T$  que tiene una estructura de escalera y B de la FIG. 19 muestra un gráfico de Tanner que corresponde a la matriz de paridad  $H_T$  de A de la FIG. 19.

40 Donde la matriz de paridad  $H_T$  tiene una estructura de escalera, en el gráfico de Tanner de la matriz de paridad  $H_T$ , nodos variables del código LDPC que corresponden a una columna de un elemento de la matriz de paridad  $H_T$  que tiene el valor de 1 y cuyo mensaje se determina usando bits de código adyacentes (bits de paridad) se conectan al mismo nodo de comprobación.

45 Por consiguiente, si los bits de paridad adyacentes descritos anteriormente se colocan en un estado de error por errores de ráfaga, borrado o similares, entonces dado que un nodo de comprobación que se conecta a una pluralidad de nodos variables que corresponden a la pluralidad de bits de paridad que han llegado a ser un error (nodos variables cuyo mensaje ha de ser determinado usando bits de paridad) devuelve un mensaje de una probabilidad igual que representa que la probabilidad de que el valor pueda ser 0 y la probabilidad de que el valor sea 1 pueden ser iguales una a la otra a los nodos variables que conectan con el nodo de comprobación, se deteriora el rendimiento de la decodificación. Entonces, donde la longitud de ráfaga (número de bits que se hacen un error por una ráfaga) es grande, el rendimiento de la decodificación se deteriora aún más.

50

Por lo tanto, con el fin de evitar el deterioro en el rendimiento de decodificación descrito anteriormente, el intercalador de paridad 23 (FIG. 8) lleva a cabo el intercalado de intercalar bits de paridad del código LDPC de la sección de codificación LDPC 21 a posiciones de otros bits de paridad.

5 La FIG. 20 ilustra una matriz de paridad  $H_T$  de una matriz de comprobación de paridad  $H$  que corresponde al código LDPC después del intercalado de paridad llevado a cabo por el intercalador de paridad 23 de la FIG. 8.

Aquí, la matriz de información  $H_A$  de la matriz de comprobación de paridad  $H$  que corresponde al código LDPC prescrito en el estándar DVB-S.2 y emitido desde la sección de codificación LDPC 21 tiene una estructura cíclica.

10 La estructura cíclica significa una estructura en donde una cierta columna coincide con otra columna en un estado operado cíclicamente e incluye, por ejemplo, una estructura en donde, para cada  $P$  columnas, las posiciones del valor 1 en las filas de las  $P$  columnas coinciden con las posiciones a las que la primera de las  $P$  columnas se desplaza cíclicamente en la dirección de columna en un valor que aumenta en proporción a un valor  $q$  obtenido dividiendo la longitud de paridad  $M$ . En lo que sigue, el número de  $P$  columnas en una estructura cíclica se conoce en lo sucesivo de manera adecuada como un número de columna unidad de la estructura cíclica.

15 Como código LDPC prescrito en el estándar DVB-S.2 y emitido desde la sección de codificación LDPC 21, están disponibles dos códigos LDPC incluyendo aquéllos cuya longitud de código  $N$  es 64.800 bits y 16.200 bits como se ha descrito anteriormente con referencia a la FIG. 11.

20 Ahora, si se pone atención al código LDPC cuya longitud de código  $N$  es 64.800 bits de los dos códigos LDPC diferentes cuya longitud de código  $N$  es 64.800 bits y 16.200 bits, entonces están disponibles once tasas de codificación diferentes como la tasa de codificación del código LDPC cuya longitud de código  $N$  es 64.800 bits como se ha descrito anteriormente con referencia a la FIG. 11.

Con respecto a los códigos LDPC cuya longitud de código  $N$  es 64.800 bits y que tienen las once tasas de codificación diferentes, está prescrito en el estándar DVB-S.2 que el número de columnas  $P$  de la estructura cíclica se prescribe a 360 que es uno de los divisores de la longitud de paridad  $M$  excepto 1 y  $M$ .

25 Además, con respecto a los códigos LDPC cuya longitud de código  $N$  es 64.800 bits y que tienen las once tasas de codificación diferentes, la longitud de paridad  $M$  tiene un valor distinto de números primos y representado por una expresión  $M = q \times P = q \times 360$  usando el valor  $q$  que es diferente dependiendo de la tasa de codificación. Por consiguiente, también el valor  $q$  es uno de los divisores de la longitud de paridad  $M$  excepto 1 y  $M$  de manera similar al número de columnas  $P$  de la estructura cíclica y se obtiene dividiendo la longitud de paridad  $M$  por el número de columnas  $P$  de la estructura cíclica (el producto de  $P$  y  $q$  que son divisores de la longitud de paridad  $M$  es la longitud de paridad  $M$ ).

30 Donde la longitud de información se representa por  $K$  y un número entero mayor que 0 pero menor que  $P$  se representa por  $x$  mientras que un número entero mayor que 0 pero menor que  $q$  se representa por  $y$ , el intercalador de paridad 23 intercala, como intercalado de paridad, el bit de código de orden  $K+qx+y+1$  de entre los bits de paridad que son los bits de orden  $K+1$  a  $K+M$  ( $K + M = N$ ) del código LDPC desde la sección de codificación LDPC 21 a la posición del bit de código de orden  $K+Py+x+1$ .

35 Según tal intercalado de paridad, dado que los (bits de paridad que corresponden a) nodos variables que se conectan al mismo nodo de comprobación están separados por una distancia que corresponde al número de columnas  $P$  de la estructura cíclica, aquí, por 360 bits, donde la longitud de ráfaga es menor que 360 bits, se puede evitar tal situación de que una pluralidad de nodos variables que se conectan al mismo nodo de comprobación se representen erróneos al mismo tiempo. Como resultado, se puede mejorar la tolerancia a un error de ráfaga.

40 Se ha de señalar que el código LDPC después del intercalado de paridad por el cual el bit de código de orden  $K+qx+y+1$  se intercala a la posición del bit de código de orden  $K+Py+x+1$  coincide con el código LDPC de una matriz de comprobación de paridad (en lo sucesivo conocida también como matriz de comprobación de paridad de conversión) obtenida mediante una sustitución de columnas de sustitución de la columna de orden  $K+qx+y+1$  de la matriz de comprobación de paridad  $H$  original a la columna de orden  $K+Py+x+1$ .

45 Además, en la matriz de paridad de la matriz de comprobación de paridad de conversión, una estructura seudocíclica cuya unidad es  $P$  columnas (en la FIG. 20, 360 columnas) aparece como se ve en la FIG. 20.

50 Aquí, la estructura seudocíclica significa una estructura que tiene una parte que tiene una estructura cíclica excepto parte de la misma. En una columna de comprobación de paridad de conversión obtenida aplicando una sustitución de columnas que corresponde al intercalado de paridad para la matriz de comprobación de paridad del código LDPC prescrito en el estándar DVB-S.2, una parte de 360 filas x 360 columnas (matriz de desplazamiento descrita en lo sucesivo) en una parte de la esquina derecha le falta un elemento de 1 (que tiene el valor de 0). Por lo tanto, la matriz de comprobación de paridad de conversión no tiene una estructura cíclica (completa) sino que tiene una estructura seudocíclica.

Se ha de señalar que la matriz de comprobación de paridad de conversión de la FIG. 20 es una matriz a la que también la sustitución de filas (sustitución de filas) para configurar la matriz de comprobación de paridad de conversión de una matriz de configuración descrita en lo sucesivo se aplica a la matriz de comprobación de paridad H original además de la sustitución de columnas que corresponde al intercalado de paridad.

5 Ahora, el intercalado de torsión de columna como un proceso de reordenación por el intercalador de torsión de columna 24 de FIG. 8 se describe con referencia a FIG. 21 a 24.

En el aparato de transmisión 11 de la FIG. 8, dos o más de los bits de código del código LDPC se transmiten como un símbolo como se ha descrito anteriormente con el fin de mejorar la eficiencia de utilización de frecuencias. En particular, por ejemplo, donde dos bits de los bits de código se usan para formar un símbolo, por ejemplo, se usa 10 QPSK como el método de modulación, pero donde se usan 4 bits de los bits de código para formar un símbolo, por ejemplo, se usa 16QAM como el método de modulación.

Donde dos o más unos de los bits de código se transmiten como un símbolo de esta manera, si ocurre un borrado o similar con cierto símbolo, la totalidad de los bits de código del símbolo llegan a ser un error (borrado).

Por consiguiente, con el fin de disminuir la probabilidad de que una pluralidad de (bits de código que corresponden a) nodos variables que se conectan al mismo nodo de comprobación puedan sufrir de borrado al mismo tiempo para mejorar el rendimiento en la decodificación, es necesario evitar que los nodos variables que corresponden a los bits de código de un símbolo se conecten al mismo nodo de comprobación.

Mientras tanto, en la matriz de comprobación de paridad H de un código LDPC prescrito en el estándar DVB-S.2 y emitido desde la sección de codificación LDPC 21, la matriz de información  $H_A$  tiene una estructura cíclica y la matriz de paridad  $H_T$  tiene una estructura de escalera como se ha descrito anteriormente. Entonces, en una matriz de comprobación de paridad de conversión que es una matriz de comprobación de paridad del código LDPC después de un intercalado de paridad, una estructura cíclica (con precisión, una estructura pseudocíclica como se ha descrito anteriormente) aparece también en la matriz de paridad como se describe en la FIG. 20.

La FIG. 21 muestra una matriz de comprobación de paridad de conversión.

25 En particular, A de la FIG. 21 ilustra una matriz de comprobación de paridad de conversión de una matriz de comprobación de paridad H que tiene una longitud de código N de 64.800 bits y una tasa de codificación (r) de 3/4.

En A de la FIG. 21, la posición de un elemento que tiene el valor de 1 en la matriz de comprobación de paridad de conversión se indica por un punto (·).

30 En B de la FIG. 21, un proceso se lleva a cabo por el demultiplexor 25 (FIG. 8) para el código LDPC de la matriz de paridad de conversión de A de la FIG. 21, es decir, el código LDPC después del intercalado de paridad.

En B de la FIG. 21, los bits de código del código LDPC después del intercalado de paridad se escriben en la dirección de columna en cuatro columnas que forman la memoria 31 del demultiplexor 25 usando 16QAM como el método de modulación.

35 Los bits de código escritos en la dirección de columna en las cuatro columnas que forman la memoria 31 se leen en la dirección de fila en una unidad de 4 bits que hacen un símbolo.

En este caso, los 4 bits de código  $B_0$ ,  $B_1$ ,  $B_2$  y  $B_3$  que hacen un símbolo algunas veces hacen bits de código que corresponden a 1 e incluidos en una fila arbitraria de la matriz de comprobación de paridad después de la conversión de A de la FIG. 21, y en este caso, los nodos variables que corresponden a los bits de código  $B_0$ ,  $B_1$ ,  $B_2$  y  $B_3$  se conectan al mismo nodo de comprobación.

40 Por consiguiente, donde los 4 bits de código  $B_0$ ,  $B_1$ ,  $B_2$  y  $B_3$  de un símbolo llegan a ser los bits de código que corresponden a 1 e incluidos en una fila arbitraria, si el borrado ocurre con el símbolo, entonces el mismo nodo de comprobación al cual están conectados los nodos variables que corresponden a los bits de código  $B_0$ ,  $B_1$ ,  $B_2$  y  $B_3$  no puede determinar un mensaje adecuado. Como resultado, se deteriora el rendimiento en la decodificación.

45 También con respecto a las tasas de decodificación distintas de la tasa de codificación de 3/4, una pluralidad de bits de código que corresponden a una pluralidad de nodos variables que se conectan al mismo nodo de comprobación algunas veces hacen un símbolo de 16QAM de manera similar.

Por lo tanto, el intercalador de torsión de columna 24 lleva a cabo un intercalado de torsión de columna en donde los bits de código del código LDPC después del intercalado de paridad desde el intercalador de paridad 23 se intercalan de manera que una pluralidad de bits de código que corresponden a 1 e incluidos en una fila arbitraria de la matriz de comprobación de paridad de conversión no se mapean a un símbolo.

50 La FIG. 22 es una vista que ilustra el intercalado de torsión de columna.

En particular, la FIG. 22 ilustra la memoria 31 (FIG. 16 y 17) del demultiplexor 25.

La memoria 31 tiene una capacidad de almacenamiento para almacenar  $mb$  bits en la dirección de columna (vertical) y almacena  $N/(mb)$  bits en la dirección de fila (horizontal) e incluye  $mb$  columnas como se ha descrito en FIG. 16. Entonces, el intercalador de torsión de columna 24 escribe los bits de código del código LDPC en la dirección de columna en la memoria 31 y controla la posición de inicio de escritura cuando los bits de código se leen en la dirección de fila para llevar a cabo el intercalado de torsión de columna.

En particular, el intercalador de torsión de columna 24 cambia adecuadamente la posición de inicio de escritura en la que la escritura de bits de código ha de ser iniciada para cada una de una pluralidad de columnas de modo que una pluralidad de bits de código leídos en dirección de fila y usados para hacer un símbolo puedan no llegar a ser bits de código que corresponden a 1 e incluidos en una fila arbitraria de la matriz de comprobación de paridad de conversión (reordena los bits de código del código LDPC de manera que una pluralidad de bits de código que corresponden a 1 e incluidos en una fila arbitraria de la matriz de comprobación de paridad puede no ser incluida en el mismo símbolo).

Aquí, la FIG. 22 muestra un ejemplo de una configuración de la memoria 31 donde el método de modulación es 16QAM y además el múltiplo  $b$  descrito anteriormente con referencia a la FIG. 16 es 1. Por consiguiente, el número de bits  $m$  de los bits de código de un código LDPC a ser mapeado a un símbolo es 4 bits, y la memoria 31 está formada de 4 (=  $mb$ ) columnas.

El intercalado de torsión de columna 24 de la FIG. 22 (en lugar del demultiplexor 25 mostrado en la FIG. 16) lleva a cabo la escritura de los bits de código del código LDPC en una dirección hacia abajo (dirección de columna) desde arriba en las cuatro columnas que forman la memoria 31 comenzando con una columna del lado izquierdo hacia una columna del lado derecho.

Entonces, cuando la escritura de los bits de código termina en la columna de más a la derecha, el intercalador de torsión de columna 24 lee los bits de código en una unidad de 4 bits ( $mb$  bits) en la dirección de fila comenzando con la primera fila de todas las columnas que forman la memoria 31 y emite los bits de código como un código LDPC después del intercalado de torsión de columna a la sección de sustitución 32 (FIG. 16 y 17) del demultiplexor 25.

No obstante, si la dirección de la posición (la más alta) de cabecera de cada columna se representa por 0 y las direcciones de las posiciones en la dirección de columna se representan por números enteros de un orden ascendente, entonces el intercalador de torsión de columna 24 de la FIG. 22 fija, para la columna de más a la izquierda, la posición de inicio de escritura a la posición cuya dirección es 0; fija, para la segunda columna (desde la izquierda), la posición de inicio de escritura a la posición cuya dirección es 2; fija, para la tercera columna, la posición de inicio de escritura a la posición cuya dirección es 4; y fija, para la cuarta columna, la posición de inicio de escritura a la posición cuya dirección es 7.

Se ha de señalar que, con respecto a las columnas para las cuales la posición de inicio de escritura es cualquier otra posición distinta de la posición cuya dirección es 0, después de que los bits de código se escriben hacia abajo en la posición más baja, la posición de escritura vuelve a la parte superior (posición cuya dirección es 0) y se lleva a cabo la escritura hacia abajo en una posición inmediatamente anterior a la posición de inicio de escritura. A partir de entonces, se lleva a cabo la escritura en la siguiente columna (derecha).

Llevando a cabo tal intercalado de torsión de columna como se ha descrito anteriormente, se puede evitar tal situación de que una pluralidad de bits de código que corresponden a una pluralidad de nodos variables que se conectan al mismo nodo de comprobación se hagan un símbolo de 16QAM (incluido en el mismo símbolo) con respecto a los códigos LDPC de todas las tasas de codificación cuya longitud de código  $N$  es 64.800 como se ha prescrito en el estándar DVB-S.2, y como resultado, se puede mejorar el rendimiento en la decodificación en un camino de comunicación que proporciona borrado.

La FIG. 23 ilustra el número de columnas de la memoria 31 necesario para el intercalado de torsión de columna y la dirección de la posición de inicio de escritura para cada método de modulación con respecto a los códigos LDPC de las once tasas de codificación diferentes que tienen la longitud de código  $N$  de 64.800 como se ha prescrito en el estándar DVB-S.2.

Como el método de sustitución para el proceso de sustitución del multiplexor 25 (FIG. 8), se adopta uno del primer al tercer métodos de sustitución de la FIG. 16, y, además, donde se adopta QPSK como el método de modulación, el número de bits  $m$  de un símbolo es 2 bits y el múltiplo  $b$  es 1.

En este caso, según la FIG. 23, la memoria 31 tiene dos columnas para almacenar  $2 \times 1$  (=  $mb$ ) bits en la dirección de fila y almacena  $64.800/(2 \times 1)$  bits en la dirección de columna. Entonces, la posición de inicio de escritura para la primera de las dos columnas de la memoria 31 se fija a la posición cuya dirección es 0, y la posición de inicio de escritura para la segunda columna se fija a la posición cuya dirección es 2.

Además, donde se adopta el cuarto método de sustitución de la FIG. 17 como el método de sustitución para el proceso de sustitución del demultiplexor 25 (FIG. 8) y además se adopta QPSK como el método de modulación, el número de bits  $m$  de un símbolo es 2 bits y el múltiplo  $b$  es 2.

5 En este caso, según la FIG. 23, la memoria 31 tiene cuatro columnas para almacenar  $2 \times 2$  bits en la dirección de fila y almacena  $64.800 / (2 \times 2)$  bits en la dirección de columna. Entonces, la posición de inicio de escritura para la primera columna de entre las cuatro columnas de la memoria 31 se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la segunda columna se fija a la posición cuya dirección es 2; la posición de inicio de escritura para la tercera columna se fija a la posición cuya dirección es 4; y la posición de inicio de escritura para la cuarta columna se fija a la posición cuya dirección es 7.

Además, donde se adopta uno del primer al tercer métodos de sustitución de la FIG. 16 como el método de sustitución para el proceso de sustitución del demultiplexor 25 (FIG. 8) y además se adopta 16QAM como el método de modulación, el número de bits  $m$  de un símbolo es 4 bits y el múltiplo  $b$  es 1.

10 En este caso, según la FIG. 23, la memoria 31 tiene cuatro columnas para almacenar  $4 \times 1$  bits en la dirección de fila y almacena  $64.800 / (4 \times 1)$  bits en la dirección de columna. Entonces, la posición de inicio de escritura para la primera columna de entre las cuatro columnas de la memoria 31 se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la segunda columna se fija a la posición cuya dirección es 2; la posición de inicio de escritura para la tercera columna se fija a la posición cuya dirección es 4; y la posición de inicio de escritura para la cuarta columna se fija a la posición cuya dirección es 7.

15 Además, donde se adopta el cuarto método de sustitución de la FIG. 17 como el método de sustitución para el proceso de sustitución del demultiplexor 25 (FIG. 8) y además se adopta 16QAM como el método de modulación, el número de bits  $m$  de un símbolo es 4 bits y el múltiplo  $b$  es 2.

20 En este caso, según la FIG. 23, la memoria 31 tiene ocho columnas para almacenar  $4 \times 2$  bits en la dirección de fila y almacena  $64.800 / (4 \times 2)$  bits en la dirección de columna. Entonces, la posición de inicio de escritura para la primera columna de entre las ocho columnas de la memoria 31 se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la segunda columna se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la tercera columna se fija a la posición cuya dirección es 2; la posición de inicio de escritura para la cuarta columna se fija a la posición cuya dirección es 4; la posición de inicio de escritura para la quinta columna se fija a la posición cuya dirección es 4; la posición de inicio de escritura para la sexta columna se fija a la posición cuya dirección es 5; la posición de inicio de escritura para la séptima columna se fija a la posición cuya dirección es 7; y la posición de inicio de escritura para la octava columna se fija a la posición cuya dirección es 7.

25 Además, donde se adopta uno del primer al tercer métodos de sustitución de la FIG. 16 como el método de sustitución para el proceso de sustitución del demultiplexor 25 (FIG. 8) y además se adopta 64QAM como el método de modulación, el número de bits  $m$  de un símbolo es 6 bits y el múltiplo  $b$  es 1.

30 En este caso, según la FIG. 23, la memoria 31 tiene seis columnas para almacenar  $6 \times 1$  bits en la dirección de fila y almacena  $64.800 / (6 \times 1)$  bits en la dirección de columna. Entonces, la posición de inicio de escritura para la primera columna de entre las seis columnas de la memoria 31 se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la segunda columna se fija a la posición cuya dirección es 2; la posición de inicio de escritura para la tercera columna se fija a la posición cuya dirección es 5; la posición de inicio de escritura para la cuarta columna se fija a la posición cuya dirección es 9; la posición de inicio de escritura para la quinta columna se fija a la posición cuya dirección es 10; y la posición de inicio de escritura para la sexta columna se fija a la posición cuya dirección es 13.

35 Además, donde se adopta el cuarto método de sustitución de la FIG. 17 como el método de sustitución para el proceso de sustitución del demultiplexor 25 (FIG. 8) y además se adopta 64QAM como el método de modulación, el número de bits  $m$  de un símbolo es 6 bits y el múltiplo  $b$  es 2.

40 En este caso, según la FIG. 23, la memoria 31 tiene doce columnas para almacenar  $6 \times 2$  bits en la dirección de fila y almacena  $64.800 / (6 \times 2)$  bits en la dirección de columna. Entonces, la posición de inicio de escritura para la primera columna de entre las doce columnas de la memoria 31 se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la segunda columna se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la tercera columna se fija a la posición cuya dirección es 2; la posición de inicio de escritura para la cuarta columna se fija a la posición cuya dirección es 2; la posición de inicio de escritura para la quinta columna se fija a la posición cuya dirección es 3; la posición de inicio de escritura para la sexta columna se fija a la posición cuya dirección es 4; la posición de inicio de escritura para la séptima columna se fija a la posición cuya dirección es 4; la posición de inicio de escritura para la octava columna se fija a la posición cuya dirección es 5; la posición de inicio de escritura para la novena columna se fija a la posición cuya dirección es 5; la posición de inicio de escritura para la décima columna se fija a la posición cuya dirección es 7; la posición de inicio de escritura de la undécima columna se fija a la posición cuya dirección es 8; y la posición de inicio de escritura para la duodécima columna se fija a la posición cuya dirección es 9.

45 50 55 Además, donde se adopta uno del primer al tercer métodos de sustitución de la FIG. 16 como el método de sustitución para el proceso de sustitución del demultiplexor 25 (FIG. 8) y además se adopta 256QAM como el método de modulación, el número de bits  $m$  de un símbolo es 8 bits y el múltiplo  $b$  es 1.



25; la posición de inicio de escritura para la decimoséptima columna se fija a la posición cuya dirección es 25; la posición de inicio de escritura para la decimoctava columna se fija a la posición cuya dirección es 26; la posición de inicio de escritura para la decimonovena columna se fija a la posición cuya dirección es 28; y la posición de inicio de escritura para la vigésima columna se fija a la posición cuya dirección es 30.

- 5 Además, donde se adopta uno del primer al tercer métodos de sustitución de la FIG. 16 como el método de sustitución para el proceso de sustitución del demultiplexor 25 (FIG. 8) y además se adopta 4096QAM como el método de modulación, el número de bits  $m$  de un símbolo es 12 bits y el múltiplo  $b$  es 1.

En este caso, según la FIG. 23, la memoria 31 tiene 12 columnas para almacenar 12 x 1 bits en la dirección de fila y almacena 64.800/ (12 x 1) bits en la dirección de columna. Entonces, la posición de inicio de escritura para la primera columna de entre las doce columnas de la memoria 31 se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la segunda columna se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la tercera columna se fija a la posición cuya dirección es 2; la posición de inicio de escritura para la cuarta columna se fija a la posición cuya dirección es 2; la posición de inicio de escritura para la quinta columna se fija a la posición cuya dirección es 3; la posición de inicio de escritura para la sexta columna se fija a la posición cuya dirección es 4; la posición de inicio de escritura para la séptima columna se fija a la posición cuya dirección es 4; la posición de inicio de escritura para la octava columna se fija a la posición cuya dirección es 5; la posición de inicio de escritura para la novena columna se fija a la posición cuya dirección es 5; la posición de inicio de escritura para la décima columna se fija a la posición cuya dirección es 7; la posición de inicio de escritura para la undécima columna se fija a la posición cuya dirección es 8; y la posición de inicio de escritura para la duodécima columna se fija a la posición cuya dirección es 9.

Además, donde se adopta el cuarto método de sustitución de la FIG. 17 como el método de sustitución para el proceso de sustitución del demultiplexor 25 (FIG. 8) y además se adopta 4096QAM como el método de modulación, el número de bits  $m$  de un símbolo es 12 bits y el múltiplo  $b$  es 2.

En este caso, según la FIG. 23, la memoria 31 tiene 24 columnas para almacenar 12 x 2 bits en la dirección de fila y almacena 64.800/ (12 x 2) bits en la dirección de columna. Entonces, la posición de inicio de escritura para la primera columna de entre las 24 columnas de la memoria 31 se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la segunda columna se fija a la posición cuya dirección es 5; la posición de inicio de escritura para la tercera columna se fija a la posición cuya dirección es 8; la posición de inicio de escritura para la cuarta columna se fija a la posición cuya dirección es 8; la posición de inicio de escritura para la quinta columna se fija a la posición cuya dirección es 8; la posición de inicio de escritura para la sexta columna se fija a la posición cuya dirección es 8; la posición de inicio de escritura para la séptima columna se fija a la posición cuya dirección es 10; la posición de inicio de escritura para la octava columna se fija a la posición cuya dirección es 10; la posición de inicio de escritura para la novena columna se fija a la posición cuya dirección es 10; la posición de inicio de escritura para la décima columna se fija a la posición cuya dirección es 12; la posición de inicio de escritura para la undécima columna se fija a la posición cuya dirección es 13; la posición de inicio de escritura para la duodécima columna se fija a la posición cuya dirección es 16; la posición de inicio de escritura para la decimotercera columna se fija a la posición cuya dirección es 17; la posición de inicio de escritura para la decimocuarta columna se fija a la posición cuya dirección es 19; la posición de inicio de escritura para la decimoquinta columna se fija a la posición cuya dirección es 21; la posición de inicio de escritura para la decimosexta columna se fija a la posición cuya dirección es 22; la posición de inicio de escritura para la decimoséptima columna se fija a la posición cuya dirección es 23; la posición de inicio de escritura para la decimoctava columna se fija a la posición cuya dirección es 26; la posición de inicio de escritura para la decimonovena columna se fija a la posición cuya dirección es 37; la posición de inicio de escritura para la vigésima columna se fija a la posición cuya dirección es 39; la posición de inicio de escritura para la 21ª columna se fija a la posición cuya dirección es 40; la posición de inicio de escritura para la 22ª columna se fija a la posición cuya dirección es 41; la posición de inicio de escritura para la 23ª columna se fija a la posición cuya dirección es 41; y la posición de inicio de escritura para la 24ª columna se fija a la posición cuya dirección es 41.

La FIG. 24 indica el número de columnas de la memoria 31 necesario para intercalado de torsión de columna y la dirección de la posición de inicio de escritura para cada método de modulación con respecto a los códigos LDPC de las 10 tasas de codificación diferentes que tienen la longitud de código  $N$  de 16.200 como se ha prescrito en el estándar DVB-S.2.

Como el método de sustitución para el proceso de sustitución del demultiplexor 25 (FIG. 8), se adopta uno del primer al tercer métodos de sustitución de la FIG. 16, y, además, donde se adopta QPSK como el método de modulación, el número de bits  $m$  de un símbolo es 2 bits y el múltiplo  $b$  es 1.

En este caso, según la FIG. 24, la memoria 31 tiene dos columnas para almacenar 2 x 1 bits en la dirección de fila y almacena 16.200/ (2 x 1) bits en la dirección de columna. Entonces, la posición de inicio de escritura para la primera de las dos columnas de la memoria 31 se fija a la posición cuya dirección es 0, y la posición de inicio de escritura para la segunda columna se fija a la posición cuya dirección es 0.

Además, donde se adopta el cuarto método de sustitución de la FIG. 17 como el método de sustitución para el proceso de sustitución del demultiplexor 25 (FIG. 8) y además se adopta QPSK como el método de modulación, el número de bits  $m$  de un símbolo es 2 bits y el múltiplo  $b$  es 2.

5 En este caso, según la FIG. 24, la memoria 31 tiene cuatro columnas para almacenar  $2 \times 2$  bits en la dirección de fila y almacena  $16.200/ (2 \times 2)$  bits en la dirección de columna. Entonces, la posición de inicio de escritura para la primera columna de entre las cuatro columnas de la memoria 31 se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la segunda columna se fija a la posición cuya dirección es 2; la posición de inicio de escritura para la tercera columna se fija a la posición cuya dirección es 3; y la posición de inicio de escritura para la cuarta columna se fija a la posición cuya dirección es 3.

10 Además, donde se adopta uno del primer al tercer métodos de sustitución de la FIG. 16 como el método de sustitución para el proceso de sustitución del demultiplexor 25 (FIG. 8) y además se adopta 16QAM como el método de modulación, el número de bits  $m$  de un símbolo es 4 bits y el múltiplo  $b$  es 1.

15 En este caso, según la FIG. 24, la memoria 31 tiene cuatro columnas para almacenar  $4 \times 1$  bits en la dirección de fila y almacena  $16.200/ (4 \times 1)$  bits en la dirección de columna. Entonces, la posición de inicio de escritura para la primera columna de entre las cuatro columnas de la memoria 31 se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la segunda columna se fija a la posición cuya dirección es 2; la posición de inicio de escritura para la tercera columna se fija a la posición cuya dirección es 3; y la posición de inicio de escritura para la cuarta columna se fija a la posición cuya dirección es 3.

20 Además, donde se adopta el cuarto método de sustitución de la FIG. 17 como el método de sustitución para el proceso de sustitución del demultiplexor 25 (FIG. 8) y además se adopta 16QAM como el método de modulación, el número de bits  $m$  de un símbolo es 4 bits y el múltiplo  $b$  es 2.

25 En este caso, según la FIG. 24, la memoria 31 tiene ocho columnas para almacenar  $4 \times 2$  bits en la dirección de fila y almacena  $16.200/ (4 \times 2)$  bits en la dirección de columna. Entonces, la posición de inicio de escritura para la primera columna de entre las ocho columnas de la memoria 31 se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la segunda columna se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la tercera columna se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la cuarta columna se fija a la posición cuya dirección es 1; la posición de inicio de escritura para la quinta columna se fija a la posición cuya dirección es 7; la posición de inicio de escritura para la sexta columna se fija a la posición cuya dirección es 20; la posición de inicio de escritura para la séptima columna se fija a la posición cuya dirección es 20; y la posición de inicio de escritura para la octava columna se fija a la posición cuya dirección es 21.

30 Además, donde se adopta uno del primer al tercer métodos de sustitución de la FIG. 16 como el método de sustitución para el proceso de sustitución del demultiplexor 25 (FIG. 8) y además se adopta 64QAM como el método de modulación, el número de bits  $m$  de un símbolo es 6 bits y el múltiplo  $b$  es 1.

35 En este caso, según la FIG. 24, la memoria 31 tiene seis columnas para almacenar  $6 \times 1$  bits en la dirección de fila y almacena  $16.200/ (6 \times 1)$  bits en la dirección de columna. Entonces, la posición de inicio de escritura para la primera columna de entre las seis columnas de la memoria 31 se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la segunda columna se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la tercera columna se fija a la posición cuya dirección es 2; la posición de inicio de escritura para la cuarta columna se fija a la posición cuya dirección es 3; la posición de inicio de escritura para la quinta columna se fija a la posición cuya dirección es 7; y la posición de inicio de escritura para la sexta columna se fija a la posición cuya dirección es 7.

40 Además, donde se adopta el cuarto método de sustitución de la FIG. 17 como el método de sustitución para el proceso de sustitución del demultiplexor 25 (FIG. 8) y además se adopta 64QAM como el método de modulación, el número de bits  $m$  de un símbolo es 6 bits y el múltiplo  $b$  es 2.

45 En este caso, según la FIG. 24, la memoria 31 tiene doce columnas para almacenar  $6 \times 2$  bits en la dirección de fila y almacena  $16.200/ (6 \times 2)$  bits en la dirección de columna. Entonces, la posición de inicio de escritura para la primera columna de entre las doce columnas de la memoria 31 se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la segunda columna se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la tercera columna se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la cuarta columna se fija a la posición cuya dirección es 2; la posición de inicio de escritura para la quinta columna se fija a la posición cuya dirección es 2; la posición de inicio de escritura para la sexta columna se fija a la posición cuya dirección es 2; la posición de inicio de escritura para la séptima columna se fija a la posición cuya dirección es 3; la posición de inicio de escritura para la octava columna se fija a la posición cuya dirección es 3; la posición de inicio de escritura para la novena columna se fija a la posición cuya dirección es 3; la posición de inicio de escritura para la décima columna se fija a la posición cuya dirección es 6; la posición de inicio de escritura para la undécima columna se fija a la posición cuya dirección es 7; y la posición de inicio de escritura para la duodécima columna se fija a la posición cuya dirección es 7.

Además, donde se adopta uno del primer al tercer métodos de sustitución de la FIG. 16 como el método de sustitución para el proceso de sustitución del demultiplexor 25 (FIG. 8) y además se adopta 256QAM como el método de modulación, el número de bits  $m$  de un símbolo es 8 bits y el múltiplo  $b$  es 1.

5 En este caso, según la FIG. 24, la memoria 31 tiene ocho columnas para almacenar  $8 \times 1$  bits en la dirección de fila y almacena  $16.200/ (8 \times 1)$  bits en la dirección de columna. Entonces, la posición de inicio de escritura para la primera columna de entre las ocho columnas de la memoria 31 se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la segunda columna se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la tercera columna se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la cuarta columna se fija a la posición cuya dirección es 1; la posición de inicio de escritura para la quinta columna se fija a la posición cuya dirección es 7; la posición de inicio de escritura para la sexta columna se fija a la posición cuya dirección es 20; la posición de inicio de escritura para la séptima columna se fija a la posición cuya dirección es 20; y la posición de inicio de escritura para la octava columna se fija a la posición cuya dirección es 21.

15 Además, donde se adopta uno del primer al tercer métodos de sustitución de la FIG. 16 como el método de sustitución para el proceso de sustitución del demultiplexor 25 (FIG. 8) y además se adopta 1024QAM como el método de modulación, el número de bits  $m$  de un símbolo es 10 bits y el múltiplo  $b$  es 1.

20 En este caso, según la FIG. 24, la memoria 31 tiene diez columnas para almacenar  $10 \times 1$  bits en la dirección de fila y almacena  $16.200/ (10 \times 1)$  bits en la dirección de columna. Entonces, la posición de inicio de escritura para la primera columna de entre las diez columnas de la memoria 31 se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la segunda columna se fija a la posición cuya dirección es 1; la posición de inicio de escritura para la tercera columna se fija a la posición cuya dirección es 2; la posición de inicio de escritura para la cuarta columna se fija a la posición cuya dirección es 2; la posición de inicio de escritura para la quinta columna se fija a la posición cuya dirección es 3; la posición de inicio de escritura para la sexta columna se fija a la posición cuya dirección es 3; la posición de inicio de escritura para la séptima columna se fija a la posición cuya dirección es 4; la posición de inicio de escritura para la octava columna se fija a la posición cuya dirección es 4; la posición de inicio de escritura para la novena columna se fija a la posición cuya dirección es 5; y la posición de inicio de escritura para la décima columna se fija a la posición cuya dirección es 7.

Además, donde se adopta el cuarto método de sustitución de la FIG. 17 como el método de sustitución para el proceso de sustitución del demultiplexor 25 (FIG. 8) y además se adopta 1024QAM como el método de modulación, el número de bits  $m$  de un símbolo es 10 bits y el múltiplo  $b$  es 2.

30 En este caso, según la FIG. 24, la memoria 31 tiene 20 columnas para almacenar  $10 \times 2$  bits en la dirección de fila y almacena  $16.200/ (10 \times 2)$  bits en la dirección de columna. Entonces, la posición de inicio de escritura para la primera columna de entre las 20 columnas de la memoria 31 se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la segunda columna se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la tercera columna se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la cuarta columna se fija a la posición cuya dirección es 2; la posición de inicio de escritura para la quinta columna se fija a la posición cuya dirección es 2; la posición de inicio de escritura para la sexta columna se fija a la posición cuya dirección es 2; la posición de inicio de escritura para la séptima columna se fija a la posición cuya dirección es 2; la posición de inicio de escritura para la octava columna se fija a la posición cuya dirección es 2; la posición de inicio de escritura para la novena columna se fija a la posición cuya dirección es 5; la posición de inicio de escritura para la décima columna se fija a la posición cuya dirección es 5; la posición de inicio de escritura para la undécima columna se fija a la posición cuya dirección es 5; la posición de inicio de escritura para la duodécima columna se fija a la posición cuya dirección es 5; la posición de inicio de escritura para la decimotercera columna se fija a la posición cuya dirección es 5; la posición de inicio de escritura para la decimocuarta columna se fija a la posición cuya dirección es 7; la posición de inicio de escritura para la decimoquinta columna se fija a la posición cuya dirección es 7; la posición de inicio de escritura para la decimosexta columna se fija a la posición cuya dirección es 7; la posición de inicio de escritura para la decimoséptima columna se fija a la posición cuya dirección es 7; la posición de inicio de escritura para la decimoctava columna se fija a la posición cuya dirección es 8; la posición de inicio de escritura para la decimonovena columna se fija a la posición cuya dirección es 8; y la posición de inicio de escritura para la vigésima columna se fija a la posición cuya dirección es 10.

50 Además, donde se adopta uno del primer al tercer métodos de sustitución de la FIG. 16 como el método de sustitución para el proceso de sustitución del demultiplexor 25 (FIG. 8) y además se adopta 4096QAM como el método de modulación, el número de bits  $m$  de un símbolo es 12 bits y el múltiplo  $b$  es 1.

55 En este caso, según la FIG. 24, la memoria 31 tiene 12 columnas para almacenar  $12 \times 1$  bits en la dirección de fila y almacena  $16.200/ (12 \times 1)$  bits en la dirección de columna. Entonces, la posición de inicio de escritura para la primera columna de entre las doce columnas de la memoria 31 se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la segunda columna se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la tercera columna se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la cuarta columna se fija a la posición cuya dirección es 2; la posición de inicio de escritura para la quinta columna se fija a la posición cuya dirección es 2; la posición de inicio de escritura para la sexta columna se fija a la posición cuya dirección es 2; la posición de inicio de escritura para la séptima columna se fija a la posición cuya dirección es 3; la

posición de inicio de escritura para la octava columna se fija a la posición cuya dirección es 3; la posición de inicio de escritura para la novena columna se fija a la posición cuya dirección es 3; la posición de inicio de escritura para la décima columna se fija a la posición cuya dirección es 6; la posición de inicio de escritura para la undécima columna se fija a la posición cuya dirección es 7; y la posición de inicio de escritura para la duodécima columna se fija a la posición cuya dirección es 7.

Además, donde se adopta el cuarto método de sustitución de la FIG. 17 como el método de sustitución para el proceso de sustitución del demultiplexor 25 (FIG. 8) y además se adopta 4096QAM como el método de modulación, el número de bits  $m$  de un símbolo es 12 bits y el múltiplo  $b$  es 2.

En este caso, según la FIG. 24, la memoria 31 tiene 24 columnas para almacenar  $12 \times 2$  bits en la dirección de fila y almacena 16.200/ ( $12 \times 2$ ) bits en la dirección de columna. Entonces, la posición de inicio de escritura para la primera columna de entre las 24 columnas de la memoria 31 se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la segunda columna se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la tercera columna se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la cuarta columna se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la quinta columna se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la sexta columna se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la séptima columna se fija a la posición cuya dirección es 0; la posición de inicio de escritura para la octava columna se fija a la posición cuya dirección es 1; la posición de inicio de escritura para la novena columna se fija a la posición cuya dirección es 1; la posición de inicio de escritura para la décima columna se fija a la posición cuya dirección es 1; la posición de inicio de escritura para la undécima columna se fija a la posición cuya dirección es 2; la posición de inicio de escritura para la duodécima columna se fija a la posición cuya dirección es 2; la posición de inicio de escritura para la decimotercera columna se fija a la posición cuya dirección es 2; la posición de inicio de escritura para la decimocuarta columna se fija a la posición cuya dirección es 3; la posición de inicio de escritura para la decimoquinta columna se fija a la posición cuya dirección es 7; la posición de inicio de escritura para la decimosexta columna se fija a la posición cuya dirección es 9; la posición de inicio de escritura para la decimoséptima columna se fija a la posición cuya dirección es 9; la posición de inicio de escritura para la decimoctava columna se fija a la posición cuya dirección es 9; la posición de inicio de escritura para la decimonovena columna se fija a la posición cuya dirección es 10; la posición de inicio de escritura para la vigésima columna se fija a la posición cuya dirección es 10; la posición de inicio de escritura para la 21ª columna se fija a la posición cuya dirección es 10; la posición de inicio de escritura para la 22ª columna se fija a la posición cuya dirección es 10; la posición de inicio de escritura para la 23ª columna se fija a la posición cuya dirección es 10; y la posición de inicio de escritura para la 24ª columna se fija a la posición cuya dirección es 11.

Ahora, un proceso de transmisión llevado a cabo por el aparato de transmisión 11 de la FIG. 8 se describe con referencia a un diagrama de flujo de la FIG. 25.

La sección de codificación LDPC 21 espera que se suministren datos de objeto a la misma y, en el paso S101, codifica los datos de objeto en códigos LDPC y suministra los códigos LDPC al intercalador de bits 22. A partir de entonces, el procesamiento avanza al paso S102.

En el paso S102, el intercalador de bits 22 lleva a cabo un intercalado de bits para los códigos LDPC de la sección de codificación LDPC 21 y suministra los códigos LDPC después del intercalado a la sección de correspondencia 26. A partir de entonces, el procesamiento avanza al paso S103.

En particular, en el paso S102, el intercalador de paridad 23 en el intercalador de bits 22 lleva a cabo un intercalado de paridad para los códigos LDPC de la sección de codificación LDPC 21 y suministra los códigos LDPC después del intercalado de paridad al intercalador de torsión de columna 24.

El intercalador de torsión de columna 24 lleva a cabo un intercalado de torsión de columna para los códigos LDPC del intercalador de paridad 23 y entonces el demultiplexor 25 lleva a cabo un proceso de sustitución para los códigos LDPC después del intercalado de torsión de columna por el intercalador de torsión de columna 24. Entonces, los códigos LDPC después del proceso de sustitución se suministran desde el demultiplexor 25 a la sección de correspondencia 26.

En el paso S103, la sección de correspondencia 26 mapea los  $m$  bits de código de los códigos LDPC desde el demultiplexor 25 a símbolos representados por puntos de señal definidos por el método de modulación de modulación ortogonal llevada a cabo por la sección de modulación ortogonal 27 y suministra los bits de código mapeados a la sección de modulación ortogonal 27. Entonces, el procesamiento avanza hasta el paso S104.

En el paso S104, la sección de modulación ortogonal 27 lleva a cabo una modulación ortogonal de una portadora según los símbolos de la sección de correspondencia 26. Entonces, el procesamiento avanza al paso S105, en el que se transmite la señal de modulación obtenida como resultado de la modulación ortogonal, después de que se termina el procesamiento.

Se ha de señalar que el proceso de transmisión de la FIG. 25 se lleva a cabo repetitivamente.

Llevando a cabo el intercalado de paridad y el intercalado de torsión de columna como se ha descrito anteriormente, se puede mejorar la tolerancia a borrado o a errores de ráfaga donde se transmite como un símbolo una pluralidad de bits de código de unos códigos LDPC.

5 Aquí, mientras que, en la FIG. 8, el intercalador de paridad 23 que es un bloque para llevar a cabo un intercalado de paridad y el intercalador de torsión de columna 24 que es un bloque para llevar a cabo un intercalado de torsión de columna se configuran por separado uno de otro por la conveniencia de la descripción, el intercalador de paridad 23 y el intercalador de torsión de columna 24 se puede configurar de otro modo integralmente uno con otro.

10 En particular, tanto el intercalado de paridad como el intercalado de torsión de columna se pueden llevar a cabo escribiendo y leyendo bits de código en y desde una memoria y se pueden representar mediante una matriz para convertir direcciones (direcciones de escritura) en las que la escritura de bits de código ha de ser llevada a cabo en direcciones (direcciones de lectura) a partir de las cuales ha de ser llevada a cabo la lectura de los bits de código.

15 Por consiguiente, si se determinan por adelantado una matriz obtenida multiplicando una matriz representativa del intercalado de paridad y una matriz representativa del intercalado de torsión de columna, entonces si se usa la matriz para convertir los bits de código, se puede obtener entonces un resultado cuando se lleva a cabo un intercalado de paridad y entonces los códigos LDPC después del intercalado de paridad se intercalan con torsión de columna.

Además, en adición al intercalador de paridad 23 y al intercalador de torsión de columna 24, también se puede configurar integralmente el demultiplexor 25.

20 En particular, también el proceso de sustitución llevado a cabo por el demultiplexor 25 se puede representar por una matriz para convertir una dirección de escritura de la memoria 31 para almacenar un código LDPC en una dirección de lectura.

25 Por consiguiente, si se determinan por adelantado una matriz obtenida mediante multiplicación de una matriz representativa del intercalado de paridad, otra matriz representativa del intercalado de torsión de columna y una matriz adicional representativa del proceso de sustitución, entonces el intercalado de paridad, el intercalado de torsión de columna y el proceso de sustitución se pueden llevar a cabo colectivamente por la matriz determinada.

Se ha de señalar que es posible llevar a cabo solamente uno del intercalado de paridad y del intercalado de torsión de columna.

Ahora, una simulación llevada a cabo con respecto al aparato de transmisión 11 de la FIG. 8 para medir la tasa de error (tasa de error de bits) se describe con referencia a las FIG. 26 a 28.

30 La simulación se llevó a cabo adoptando un camino de comunicación que tiene una fluctuación cuya D/U es 0 dB.

La FIG. 26 muestra un modelo del camino de comunicación adoptado en la simulación.

En particular, A de la FIG. 26 muestra un modelo de la fluctuación adoptada en la simulación.

Mientras tanto, B de la FIG. 26 muestra un modelo de un camino de comunicación que tiene la fluctuación representada por el modelo de A de la FIG. 26.

35 Se ha de señalar que, en B de la FIG. 26, H representa el modelo de la fluctuación de A de la FIG. 26. Además, en B de la FIG. 26, N representa ICI (Interferencia entre Portadoras), y en la simulación, un valor esperado  $E[N^2]$  de la potencia fue aproximado mediante AWGN.

Las FIG. 27 y 28 ilustran relaciones entre la tasa de error obtenida por la simulación y la frecuencia Doppler  $f_d$  de la fluctuación.

40 Se ha de señalar que la FIG. 27 ilustra una relación entre la tasa de error y la frecuencia Doppler  $f_d$  donde el método de modulación es 16QAM y la tasa de codificación ( $r$ ) es (3/4) y además el método de sustitución es el primer método de sustitución. Mientras tanto, la FIG. 28 ilustra la relación entre la tasa de error y la frecuencia Doppler  $f_d$  donde el método de modulación es 64QAM y la tasa de codificación ( $r$ ) es (5/6) y además el método de sustitución es el primer método de sustitución.

45 Además, en las FIG. 27 y 28, una curva de línea gruesa indica la relación entre la tasa de error y la frecuencia Doppler  $f_d$  donde se llevaron a cabo todos del intercalado de paridad, intercalado de torsión de columna y proceso de sustitución, y una curva de línea delgada indica la relación entre la tasa de error y la frecuencia Doppler  $f_d$  donde solamente se llevó a cabo el proceso de sustitución de entre el intercalado de paridad, el intercalado de torsión de columna y el proceso de sustitución.

50 En ambas de las FIG. 27 y 28, se puede reconocer que la tasa de error mejora (disminuye) donde se llevan a cabo todos del intercalado de paridad, intercalado de torsión de columna y proceso de sustitución, en lugar de donde solamente se lleva a cabo el proceso de sustitución.

La FIG. 29 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de una configuración del aparato de recepción 12 de la FIG. 7.

5 Con referencia a la FIG. 29, el aparato de recepción 12 es un aparato de procesamiento de datos para recibir una señal de modulación desde el aparato de transmisión 11 (FIG. 7) e incluye una sección de demodulación ortogonal 51, una sección de descorrespondencia 52, un desintercalador 53 y una sección de decodificación LDPC 56.

La sección de demodulación ortogonal 51 recibe una señal de modulación desde el aparato de transmisión 11 y lleva a cabo la demodulación ortogonal, y entonces suministra los símbolos obtenidos como resultado de la demodulación ortogonal (valores en los ejes I y Q) a la sección de descorrespondencia 52.

10 La sección de descorrespondencia 52 lleva a cabo la descorrespondencia de la conversión de los símbolos de la sección de demodulación ortogonal 51 a bits de código de un código LDPC y suministra los bits de código al desintercalador 53.

El desintercalador 53 incluye un multiplexor (MUX) 54 y un desintercalador de torsión de columna 55 y lleva a cabo el desintercalado de los bits de código del código LDPC de la sección de descorrespondencia 52.

15 En particular, el multiplexor 54 lleva a cabo un proceso de sustitución inversa (proceso inverso al proceso de sustitución) que corresponde al proceso de sustitución llevado a cabo por el demultiplexor 25 de la FIG. 8 para los códigos LDPC de la sección de descorrespondencia 52, es decir, un proceso de sustitución inversa de devolución de las posiciones de los bits de código sustituidos por el proceso de sustitución a las posiciones originales. Entonces, el multiplexor 54 suministra un código LDPC obtenido como resultado del proceso de sustitución inversa al desintercalador de torsión de columna 55.

20 El desintercalador de torsión de columna 55 lleva a cabo el desintercalado de torsión de columna (proceso inverso al intercalado de torsión de columna) que corresponde al intercalado de torsión de columna como el proceso de reordenación llevado a cabo por el intercalador de torsión de columna 24 de la FIG. 8, es decir, por ejemplo, el desintercalado de torsión de columna como un proceso de reordenación inversa de devolución de la disposición de los bits de código del código LDPC que tienen una disposición cambiada por el intercalado de torsión de columna como el proceso de reordenación a la disposición original, para el código LDPC desde el multiplexor 54.

25 En particular, el desintercalador de torsión de columna 55 lleva a cabo el desintercalado de torsión de columna escribiendo los bits de código del código LDPC en y leyendo los bits de código escritos de la memoria para desintercalar, la memoria estando configurada de manera similar a la memoria 31 mostrada en la FIG. 22 y así sucesivamente.

30 Se ha de señalar que, en el desintercalador de torsión de columna 55, la escritura de los bits de código se lleva a cabo en la dirección de fila de la memoria para desintercalar usando direcciones de lectura al leer los códigos de la memoria 31 como direcciones de escritura. Mientras tanto, la lectura de los bits de código se lleva a cabo en la dirección de columna de la memoria para desintercalar usando las direcciones de escritura al escribir los bits de código en la memoria 31 como direcciones de lectura.

35 Los códigos LDPC obtenidos como resultado del intercalado de torsión de columna se suministran desde el desintercalador de torsión de columna 55 a la sección de decodificación LDPC 56.

40 Aquí, mientras que el código LDPC suministrado desde la sección de correspondencia 52 al desintercalador 53 se ha obtenido mediante el intercalado de paridad, intercalado de torsión de columna y proceso de sustitución llevado a cabo en este orden para ello, el desintercalador 53 lleva a cabo solamente un proceso de sustitución inversa que corresponde al proceso de sustitución y el desintercalado de torsión de columna que corresponde al intercalado de torsión de columna. Por consiguiente, no se lleva a cabo el desintercalado de paridad que corresponde al intercalado de paridad (proceso inverso al intercalado de paridad), es decir, el desintercalado de paridad que devuelve la disposición de bits de código de los códigos LDPC, cuya disposición se ha variado por el intercalado de paridad, a la disposición original.

45 Por consiguiente, el código LDPC para el cual se han llevado a cabo el proceso de sustitución inversa y el desintercalado de torsión de columna, pero no se ha llevado a cabo el desintercalado de paridad se suministra desde el (desintercalador de torsión de columna 55 del) desintercalador 53 a la sección de decodificación LDPC 56.

50 La sección de decodificación LDPC 56 lleva a cabo la decodificación LDPC del código LDPC desde el desintercalador 53 usando una matriz de comprobación de paridad de conversión, obtenida llevando a cabo al menos una sustitución de columnas que corresponde al intercalado de paridad para la matriz de comprobación de paridad H usada para la codificación LDPC por la sección de codificación LDPC 21 de la FIG. 8, y emite los datos obtenidos como resultado de la decodificación LDPC como un resultado de decodificación de los datos de objeto.

La FIG. 30 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso de recepción llevado a cabo por el aparato de recepción 12 de la FIG. 29.

- La sección de demodulación ortogonal 51 recibe una señal de modulación desde el aparato de transmisión 11 en el paso S111. Entonces, el procesamiento avanza al paso S112, en el que la sección de demodulación ortogonal 51 lleva a cabo la demodulación ortogonal de la señal de modulación. La sección de demodulación ortogonal 51 suministra los símbolos obtenidos como resultado de la demodulación ortogonal a la sección de correspondencia 52, después de lo cual el procesamiento avanza desde el paso S112 hasta el paso S113.
- En el paso S113, la sección de correspondencia 52 lleva a cabo la descorrespondencia de conversión de los símbolos de la sección de demodulación ortogonal 51 en bits de código de un código LDPC y suministra los bits de código al desintercalador 53, después de lo cual el procesamiento avanza hasta el paso S114.
- En el paso S114, el desintercalador 53 lleva a cabo el desintercalado de los bits de código del código LDPC desde la sección de descorrespondencia 52, después de lo cual el procesamiento avanza al paso S115.
- En particular, en el paso S114, el multiplexor 54 en el desintercalador 53 lleva a cabo un proceso de sustitución inversa para el código LDPC desde la sección de descorrespondencia 52 y suministra el código LDPC obtenido como resultado del proceso de sustitución inversa al desintercalador de torsión de columna 55.
- El desintercalador de torsión de columna 55 lleva a cabo un desintercalado de torsión de columna para el código LDPC desde el multiplexor 54 y suministra un código LDPC obtenido como resultado del desintercalado de torsión de columna a la sección de decodificación LDPC 56.
- En el paso S115, la sección de decodificación LDPC 56 lleva a cabo la decodificación LDPC del código LDPC a partir del desintercalador de torsión de columna 55 usando una matriz de comprobación de paridad de conversión obtenida llevando a cabo al menos una sustitución de columnas que corresponde al intercalado de paridad para la matriz de comprobación de paridad H usada para la codificación LDPC por la sección de codificación LDPC 21 de la FIG. 8, y emite los datos obtenidos mediante la decodificación LDPC como resultado de decodificación de los datos de objeto. A partir de entonces, se termina el procesamiento.
- Se ha de señalar que el proceso de recepción de la FIG. 30 se lleva a cabo repetitivamente.
- También en la FIG. 29, el multiplexor 54 para llevar a cabo el proceso de sustitución inversa y el desintercalador de torsión de columna 55 para llevar a cabo el desintercalado de torsión de columna se configuran separadamente uno de otro por la conveniencia de la descripción de manera similar que en el caso de la FIG. 8. No obstante, el multiplexor 54 y el desintercalador de torsión de columna 55 se pueden configurar integralmente uno con otro.
- Además, donde el aparato de transmisión 11 de la FIG. 8 no lleva a cabo el intercalado de torsión de columna, no hay necesidad de proporcionar el desintercalador de torsión de columna 55 en el aparato de recepción 12 de la FIG. 29.
- Ahora, se describe además la decodificación LDPC llevada a cabo por la sección de decodificación LDPC 56 de la FIG. 29.
- La sección de decodificación LDPC 56 de la FIG. 29 lleva a cabo la decodificación LDPC de un código LDPC, para el cual se han llevado a cabo el proceso de sustitución inversa y el desintercalado de torsión de columna, pero no se ha llevado a cabo el desintercalado de paridad, desde el desintercalador de torsión de columna 55 como se ha descrito anteriormente usando una matriz de comprobación de paridad de conversión obtenida llevando a cabo al menos una sustitución de columnas que corresponde al intercalado de paridad para la matriz de comprobación de paridad H usada para la codificación LDPC por la sección de codificación LDPC 21 de la FIG. 8.
- Aquí, se ha propuesto anteriormente una decodificación LDPC que puede suprimir la frecuencia de operación dentro de un intervalo suficientemente implementable mientras que se suprime la escala de circuito llevando a cabo la decodificación LDPC usando la matriz de comprobación de paridad de conversión (véase, por ejemplo, la Patente japonesa abierta a la inspección pública N° 2004-343170).
- De esta manera, la decodificación LDPC propuesta anteriormente que usa una matriz de comprobación de paridad de conversión se describe primero con referencia a las FIG. 31 a 34.
- La FIG. 31 muestra un ejemplo de la matriz de comprobación de paridad H de un código LDPC cuya longitud de código N es 90 y la tasa de codificación es 2/3.
- Se ha de señalar que, en la FIG. 31, 0 se representa por un periodo (.) (esto se aplica de manera similar también a las FIG. 32 y 33 descritas en lo sucesivo).
- En la matriz de comprobación de paridad H de la FIG. 31, la matriz de paridad tiene una estructura de escalera.
- La FIG. 32 ilustra una matriz de comprobación de paridad H' obtenida aplicando la sustitución de fila de una expresión (8) y la sustitución de columnas de una expresión (9) a la matriz de comprobación de paridad H de la FIG. 31.

Sustitución de fila: fila de orden  $6s+t+1 \rightarrow$  fila de orden  $5t+s+1 \quad \dots$  (8)

Sustitución de columna: columna de orden  $6x+y+61 \rightarrow$  columna de orden  $5y+x+61 \quad \dots$  (9)

No obstante, en las expresiones (8) y (9),  $s$ ,  $t$ ,  $x$  e  $y$  son números enteros dentro de los intervalos de  $0 \leq s < 5$ ,  $0 \leq t < 6$ ,  $0 \leq x < 5$  y  $0 \leq y < 6$ , respectivamente.

5 Según la sustitución de fila de la expresión (8), la sustitución se lleva a cabo de tal manera que las filas 1ª, 7ª, 13ª, 19ª y 25ª, cada uno de cuyos números indica un resto de 1 cuando se divide por 6 se sustituyen por la 1ª, 2ª, 3ª, 4ª y 5ª filas, y las filas 2ª, 8ª, 14ª, 20ª y 26ª, cada uno de cuyos números indica un resto de 2, cuando se divide por 6 se sustituyen por la 6ª, 7ª, 8ª, 9ª y 10ª filas.

10 Por otra parte, según la sustitución de columnas de la expresión (9), se lleva a cabo la sustitución para la 61ª y sucesivas columnas (matriz de paridad) de manera que las columnas 61ª, 67ª, 73ª, 79ª y 85ª cada uno de cuyos números indica un resto de 1 cuando se divide por 6 se sustituyen por 61ª, 62ª, 63ª, 64ª y 65ª, y las columnas 62ª, 68ª, 74ª, 80ª y 86ª cada uno de cuyos números indica un resto de 2 cuando se divide por 6 se sustituyen por las columnas 66ª, 67ª, 68ª, 69ª y 70ª.

15 Una matriz obtenida llevando a cabo la sustitución de las filas y de las columnas para la matriz de comprobación de paridad H de la FIG. 31 es una matriz de comprobación de paridad H' de la FIG. 32.

Aquí, incluso si se lleva a cabo la sustitución de filas de la matriz de comprobación de paridad H, esto no tiene influencia en la disposición de los bits de código del código LDPC.

20 Mientras tanto, la sustitución de columnas de la expresión (9) corresponde al intercalado de paridad cuando la longitud de información K, el número de columnas P unidad de la estructura cíclica y el testador  $q$  ( $= M/P$ ) de la longitud de paridad M (aquí, 30) en el intercalado de paridad de intercalado del bit de código de orden  $K+qx+y+1$  a la posición del bit de código de orden  $K+Py+x+1$  se fijan a 60, 5 y 6, respectivamente.

25 Si la matriz de comprobación de paridad H' (en lo sucesivo conocida adecuadamente como matriz de comprobación de paridad de sustitución) de la FIG. 32 se multiplica por un resultado de sustitución igual que el de la expresión (9) para el código LDPC de la matriz de comprobación de paridad H (en lo sucesivo conocida adecuadamente como matriz de comprobación de paridad original) de la FIG. 31, entonces se emite el vector 0. En particular, donde un vector de filas obtenido aplicando la sustitución de columnas de la expresión (9) para el vector de filas  $c$  como el código LDPC (una palabra de código) de la matriz de comprobación de paridad H original se representa por  $c'$ , dado que  $Hc^T$  llega a ser el vector 0 sobre la base de la característica de la matriz de comprobación de paridad, también  $H'c'^T$  llega a ser naturalmente el vector 0.

30 A partir de lo precedente, la matriz de comprobación de paridad de conversión H' de la FIG. 32 llega a ser la matriz de comprobación de paridad de un código LDPC  $c'$  obtenido llevando a cabo la sustitución de columnas de la expresión (9) para el código LDPC  $c$  de la matriz de comprobación de paridad H original.

35 Por consiguiente, llevando a cabo la sustitución de columnas de la expresión (9) para el código LDPC  $c$  de la matriz de comprobación de paridad H original, decodificando (decodificación LDPC) el código LDPC  $c'$  después de la sustitución de columnas usando la matriz de comprobación de paridad H' de la FIG. 32 y luego llevando a cabo la sustitución inversa a la sustitución de columnas de la expresión (9) para el resultado de la decodificación, se puede obtener un resultado de decodificación similar al obtenido donde el código LDPC de la matriz de comprobación de paridad H original se decodifica usando la matriz de comprobación de paridad H.

40 La FIG. 33 muestra la matriz de comprobación de paridad de conversión H' de la FIG. 32 en donde se proporciona un espacio entre unidades de  $5 \times 5$  matrices.

45 En la FIG. 33, la matriz de comprobación de paridad de conversión H' está representada por una combinación de una matriz unidad de  $5 \times 5$  elementos, otra matriz (en lo sucesivo conocida adecuadamente como matriz cuasi unidad) que corresponde a la matriz unidad cuyo elemento o elementos de 1 se cambian a un elemento o elementos de 0, una matriz adicional (en lo sucesivo conocida adecuadamente como matriz de desplazamiento) que corresponde a la matriz unidad o matriz cuasi unidad después de que se desplaza cíclicamente (desplazamiento cíclico), una matriz aún adicional (en lo sucesivo conocida adecuadamente como matriz de suma) de dos o más de la matriz unidad, matriz cuasi unidad y matriz de desplazamiento, y una matriz 0 de  $5 \times 5$  elementos.

50 Se puede considerar que la matriz de comprobación de paridad de conversión H' de la FIG. 33 se compone de una matriz unidad, una matriz cuasi unidad, una matriz de desplazamiento, una matriz de suma y una matriz 0 de  $5 \times 5$  elementos. Por lo tanto, las matrices de  $5 \times 5$  elementos que componen la matriz de comprobación de paridad de conversión H' se conocerán en lo sucesivo como matrices componentes.

Para la decodificación de un código LDPC representado por una matriz de comprobación de paridad representada por una matriz de  $P \times P$  componentes, se puede usar una arquitectura que lleva a cabo una operación matemática

de nodo de comprobación y una operación matemática de nodo variable simultáneamente para los nodos de comprobación P y los nodos variables P.

La FIG. 34 es un diagrama de bloques que muestra un ejemplo de una configuración de un aparato de decodificación que lleva a cabo tal decodificación como se acaba de describir.

5 En particular, la FIG. 34 muestra un ejemplo de una configuración de un aparato de decodificación que lleva a cabo la decodificación de códigos LDPC de la matriz de comprobación de paridad H original de la FIG. 31 usando la matriz de comprobación de paridad de conversión H' de la FIG. 33 obtenida llevando a cabo al menos la sustitución de columnas de la expresión (9).

10 El aparato de decodificación de la FIG. 34 incluye una memoria de almacenamiento de datos de borde 300 que incluye seis FIFO 300<sub>1</sub> a 300<sub>6</sub>, un selector 301 para seleccionar las FIFO 300<sub>1</sub> a 300<sub>6</sub>, una sección de cálculo de nodo de comprobación 302, dos circuitos de desplazamiento cíclico 303 y 308, una memoria de almacenamiento de datos de borde 304 que incluye 18 FIFO 304<sub>1</sub> a 304<sub>18</sub>, un selector 305 para seleccionar las FIFO 304<sub>1</sub> a 304<sub>18</sub>, una memoria de datos de recepción 306 para almacenar información de recepción, una sección de cálculo de nodo variable 307, una sección de cálculo de palabra decodificada 309, una sección de reordenación de datos de recepción 310, y una sección de reordenación de datos decodificados 311.

15 En primer lugar, se describe un método de almacenamiento de datos en las memorias de almacenamiento de datos de borde 300 y 304.

20 La memoria de almacenamiento de datos de borde 300 incluye las seis FIFO 300<sub>1</sub> a 300<sub>6</sub> el número de las cuales es igual a un cociente cuando el número de filas 30 de la matriz de comprobación de paridad de conversión H' de la FIG. 33 se divide por el número de filas 5 de las matrices componentes. Cada una de las FIFO 300<sub>y</sub> (y = 1, 2, ..., 6) tiene una pluralidad de etapas de regiones de almacenamiento de manera que los mensajes que responden a cinco bordes cuyo número es igual al número de filas y al número de columnas de las matrices componentes se puede leer de o escribir en las regiones de almacenamiento de cada etapa al mismo tiempo. Además, el número de etapas de las regiones de almacenamiento de cada FIFO 300<sub>y</sub> es nueve que es el máximo número de 1 (ponderación de Hamming) en la dirección de fila de la matriz de comprobación de paridad de conversión de la FIG. 33.

25 En la FIFO 300<sub>1</sub>, los datos (mensajes v<sub>i</sub> desde nodos variables) que corresponden a las posiciones del valor 1 en la primera a la quinta filas de la matriz de comprobación de paridad de conversión H' de la FIG. 33 se almacenan de una forma cerrada en la dirección horizontal en las filas individuales (en la forma en donde 0 se ignora). En particular, si un elemento en la fila j de la columna de orden i se representa como (j, i), entonces en las regiones de almacenamiento en la primera etapa de la FIFO 300<sub>1</sub>, se almacenan los datos que corresponden a las posiciones del valor 1 de la matriz unidad de 5 x 5 elementos de (1, 1) a (5, 5) de la matriz de comprobación de paridad de conversión H'. En las regiones de almacenamiento en la segunda etapa, los datos que corresponden a las posiciones del valor 1 de una matriz de desplazamiento de (1, 21) a (5, 25) de la matriz de comprobación de paridad de conversión H' (una matriz de desplazamiento obtenida desplazando cíclicamente la matriz unidad de 5 x 5 elementos en tres en la dirección hacia la derecha). También en las regiones de almacenamiento en la tercera a octava etapas, los datos se almacenan en una relación asociada con la matriz de comprobación de paridad de conversión H'. Entonces, en las regiones de almacenamiento en la novena etapa, se almacenan los datos que corresponden a las posiciones del valor de una matriz de desplazamiento de (1, 86) a (5, 90) de la matriz de comprobación de paridad de conversión H' (una matriz de desplazamiento obtenida sustituyendo el valor 1 en la primera fila de la matriz unidad de 5 x 5 elementos con el valor 0 y luego desplazando cíclicamente la matriz unidad después de la sustitución por uno en la dirección hacia la izquierda).

35 En la FIFO 300<sub>2</sub>, se almacenan los datos que corresponden a las posiciones del valor 1 de la sexta a la décima filas de la matriz de comprobación de paridad de conversión H' de la FIG. 33. En particular, en la región de almacenamiento en la primera etapa de la FIFO 300<sub>2</sub>, se almacenan los datos correspondientes a las posiciones del valor 1 de una primera matriz de desplazamiento que forma una matriz de suma de (6, 1) a (10, 5) de la matriz de comprobación de paridad de conversión H' (una matriz de suma que es la suma de una primera matriz de desplazamiento obtenida desplazando cíclicamente la matriz unidad de 5 x 5 elementos en uno en la dirección hacia la derecha y una segunda matriz de desplazamiento obtenida desplazando cíclicamente la matriz unidad de 5 x 5 elementos en dos en la dirección hacia la derecha). Además, en la región de almacenamiento en la segunda etapa, se almacenan los datos que corresponden a las posiciones del valor 1 de la segunda matriz de desplazamiento que forma la matriz de suma de (6, 1) a (10, 5) de la matriz de comprobación de paridad de conversión H'.

40 En particular, con respecto a una matriz componente cuya ponderación es 2 o más, donde la matriz componente está representada en la forma de la suma de varios de entre una matriz unidad de P x P elementos que tienen la ponderación 1, una matriz cuasi unidad que corresponde a la matriz unidad cuyos uno o más elementos que tienen el valor 1 se sustituyen con 0 y una matriz de desplazamiento obtenida desplazando cíclicamente la matriz unidad o la matriz cuasi unidad, los datos que corresponden a las posiciones del valor 1 de la matriz unidad, matriz cuasi unidad o matriz de desplazamiento cuya ponderación es 1 (los mensajes que corresponden a los bordes que pertenecen a la matriz unidad, matriz cuasi unidad o matriz de desplazamiento) se almacenan en la misma dirección (misma FIFO de entre las FIFO 300<sub>1</sub> a 300<sub>6</sub>).

También en las regiones de almacenamiento en la tercera a la novena etapas, los datos se almacenan en una relación asociada con la matriz de comprobación de paridad de conversión H'.

También las FIFO 300<sub>3</sub> a 300<sub>6</sub> almacenan datos en una relación asociada con la matriz de comprobación de paridad de conversión H'.

- 5 La memoria de almacenamiento de datos de borde 304 incluye 18 FIFO 304<sub>1</sub> a 304<sub>18</sub> el número de las cuales es igual al cociente cuando el número de columnas 90 de la matriz de comprobación de paridad de conversión H' se divide por el número de columnas 5 de la matriz componente. Cada memoria de almacenamiento de datos de borde 304<sub>x</sub> (x = 1, 2, ..., 18) incluye una pluralidad de etapas de regiones de almacenamiento, y mensajes correspondientes a cinco bordes el número de los cuales es igual al número de filas y el número de columnas de la matriz de comprobación de paridad de conversión H' se pueden leer de o escribir en las regiones de almacenamiento de cada etapa al mismo tiempo.

15 En la FIFO 304<sub>1</sub>, los datos que corresponden a las posiciones del valor 1 desde la primera a la quinta columnas de la matriz de comprobación de paridad de conversión H' de la FIG. 33 (mensajes u<sub>i</sub> de los nodos de comprobación) se almacenan de una forma cerrada en la dirección vertical en las columnas individuales (en la forma en donde 0 se ignora). En particular, en las regiones de almacenamiento en la primera etapa de la FIFO 304<sub>1</sub>, los datos que corresponden a las posiciones del valor 1 de la matriz unidad de 5 x 5 elementos de (1, 1) a (5, 5) de la matriz de comprobación de paridad de conversión H'. En las regiones de almacenamiento en la segunda etapa, se almacenan los datos que corresponden a las posiciones del valor de una primera matriz de desplazamiento que forma una matriz de suma de (6, 1) a (10, 5) de la matriz de comprobación de paridad vertical H' (una matriz de suma que es la suma de una primera matriz de desplazamiento obtenida desplazando cíclicamente la matriz unidad de 5 x 5 elementos en uno a la derecha y una segunda matriz de desplazamiento obtenida desplazando cíclicamente la matriz unidad de 5 x 5 elementos en dos a la derecha). Además, en las regiones de almacenamiento en la tercera etapa, los datos que corresponden a las posiciones del valor 1 de la segunda matriz de desplazamiento que forma la matriz de suma de (6, 1) a (10, 5) de la matriz de comprobación de paridad vertical H'.

25 En particular, con respecto a una matriz componente cuya ponderación es 2 o más, donde la matriz componente está representada en forma de la suma de varias de entre una matriz unidad de P x P elementos que tiene la ponderación 1, una matriz cuasi unidad que corresponde a la matriz unidad cuyos uno o más elementos que tienen el valor 1 se sustituyen con 0 y una matriz de desplazamiento obtenida desplazando cíclicamente la matriz unidad o la matriz cuasi unidad, los datos que corresponden a las posiciones del valor 1 de la matriz unidad, matriz cuasi unidad o matriz de desplazamiento cuya ponderación es 1 (los mensajes que corresponden a los bordes que pertenecen a la matriz unidad, matriz cuasi unidad o matriz de desplazamiento) se almacenan en la misma dirección (la misma FIFO de entre las FIFO 304<sub>1</sub> a 304<sub>18</sub>).

35 También con respecto a las regiones de almacenamiento en la cuarta y la quinta etapas, los datos se almacenan en una relación asociada con la matriz de comprobación de paridad de conversión H'. El número de etapas de las regiones de almacenamiento de la FIFO 304<sub>1</sub> es 5, que es un número máximo del número de 1 (ponderación de Hamming) en la dirección de fila en la primera a la quinta columnas de la matriz de comprobación de paridad de conversión H'.

40 También las FIFO 304<sub>2</sub> y 304<sub>3</sub> almacenan datos en una relación asociada con la matriz de comprobación de paridad de conversión H' de manera similar, y cada longitud (número de etapa) de las FIFO 304<sub>2</sub> y 304<sub>3</sub> es 5. También las FIFO 304<sub>4</sub> a 304<sub>12</sub> almacenan datos en una relación asociada con la matriz de comprobación de paridad de conversión H' de manera similar, y cada longitud de las FIFO 304<sub>4</sub> a 304<sub>12</sub> es 3. También las FIFO 304<sub>13</sub> a 304<sub>18</sub> almacenan datos en una relación asociada con la matriz de comprobación de paridad de conversión H' de manera similar, y cada longitud de las FIFO 304<sub>13</sub> a 304<sub>18</sub> es 2.

Ahora, se describe la operación del aparato de decodificación de la FIG. 34.

45 La memoria de almacenamiento de datos de borde 300 incluye las seis FIFO 300<sub>1</sub> a 300<sub>6</sub>, y las FIFO en las que han de ser almacenados datos se seleccionan de entre las FIFO 300<sub>1</sub> a 300<sub>6</sub> según la información (datos de matriz) D312 que representa a qué fila de la matriz de comprobación de paridad de conversión H' pertenecen cinco mensajes D311 suministrados desde el circuito de desplazamiento cíclico 308 en la etapa anterior. Entonces, los cinco mensajes D311 se almacenan colectivamente y en orden en las FIFO seleccionadas. Además, cuando se han de ser leídos los datos, la memoria de almacenamiento de datos de borde 300 lee cinco mensajes D300<sub>1</sub> en orden desde la FIFO 300<sub>1</sub> y suministra los cinco mensajes D300<sub>1</sub> al selector 301 en la etapa sucesiva. Después de que termina la lectura de los mensajes de la FIFO 300<sub>1</sub>, la memoria de almacenamiento de datos de borde 300 lee los mensajes en orden también desde las FIFO 300<sub>2</sub> a 300<sub>6</sub> y suministra los mensajes leídos al selector 301.

55 El selector 301 selecciona los cinco mensajes de esa FIFO desde la cual se leen actualmente los datos de entre las FIFO 300<sub>1</sub> a 300<sub>6</sub> según una señal de selección D301 y suministra los cinco mensajes como mensajes D302 a la sección de cálculo de nodo de comprobación 302.

La sección de cálculo de nodo de comprobación 302 incluye cinco calculadoras de nodos de comprobación 302<sub>1</sub> a 302<sub>5</sub> y lleva a cabo la operación matemática de nodo de comprobación según la expresión (7) usando los mensajes

D302 (D302<sub>1</sub> a D302<sub>5</sub>) (mensajes  $v_i$  de la expresión (7)) suministrados a la misma a través del selector 301. Entonces, la sección de cálculo de nodo de comprobación 302 suministra cinco mensajes D303 (D303<sub>1</sub> a D303<sub>5</sub>) (mensajes  $u_j$  de la expresión (7)) obtenidos como resultado de la operación matemática de nodo de comprobación al circuito de desplazamiento cíclico 303.

5 El circuito de desplazamiento cíclico 303 desplaza cíclicamente los cinco mensajes D303<sub>1</sub> a 303<sub>5</sub> determinados por la sección de cálculo de nodo de comprobación 302 en base a información (datos de matriz) D305 con respecto a qué número de matrices unidad originales, los bordes correspondientes se desplazan cíclicamente en la matriz de comprobación de paridad de conversión  $H'$ , y suministra un resultado del desplazamiento cíclico como un mensaje D304 a la memoria de almacenamiento de datos de borde 304.

10 La memoria de almacenamiento de datos de borde 304 incluye 18 FIFO 304<sub>1</sub> a 304<sub>18</sub>. La memoria de almacenamiento de datos de borde 304 selecciona una FIFO en la que se han de almacenar datos de entre las FIFO 304<sub>1</sub> a 304<sub>18</sub> según la información D305 con respecto a qué fila de la matriz de comprobación de paridad de conversión  $H'$  pertenecen los cinco mensajes D304 suministrados desde el circuito de desplazamiento cíclico 303 en la etapa anterior y almacena colectivamente los cinco mensajes D304 en orden en la FIFO seleccionada. Por otra parte, cuando los datos han de ser leídos, la memoria de almacenamiento de datos de borde 304 lee cinco mensajes D306<sub>1</sub> en orden desde la FIFO 304<sub>1</sub> y suministra los mensajes D306<sub>1</sub> al selector 305 en la etapa sucesiva. Después de que termina la lectura de los datos de la FIFO 304<sub>1</sub>, la memoria de almacenamiento de datos de borde 304 lee los mensajes también en orden de las FIFO 304<sub>2</sub> a 304<sub>18</sub> y suministra los mensajes al selector 305.

20 El selector 305 selecciona los cinco mensajes de la FIFO de la cual se leen datos actualmente de entre las FIFO 304<sub>1</sub> a 304<sub>18</sub> según una señal de selección D307 y suministra los mensajes seleccionados como mensajes D308 a la sección de cálculo de nodo variable 307 y la sección de cálculo de palabra decodificada 309.

25 Por otra parte, la sección de reordenación de datos de recepción 310 lleva a cabo la sustitución de columnas de la expresión (9) para reordenar un código LDPC D313 recibido a través de un camino de comunicación y suministra el código LDPC reordenado D313 como datos de recepción D314 a la memoria de datos de recepción 306. La memoria de datos de recepción 306 calcula y almacena una LLR (relación de verosimilitud logarítmica) de recepción a partir de los datos de recepción D314 suministrados a la misma desde la sección de reordenación de datos de recepción 310 y recoge y suministra cada cinco de las LLR de recepción como valores de recepción D309 a la sección de cálculo de nodo variable 307 y la sección de cálculo de palabra decodificada 309.

30 La sección de cálculo de nodo variable 307 incluye cinco calculadoras de nodo variable 307<sub>1</sub> a 307<sub>5</sub> y lleva a cabo una operación matemática de nodo variable según la expresión (1) usando los mensajes D308 (308<sub>1</sub> a 308<sub>5</sub>) (mensajes  $u_j$  de la expresión (1)) suministrados a la misma a través del selector 305 y los cinco valores de recepción D309 (valores de recepción  $u_{oi}$  de la expresión (1)) suministrados a la misma desde la memoria de datos de recepción 306. Entonces, la sección de cálculo de nodo variable 307 suministra mensajes D310 (D310<sub>1</sub> a D310<sub>5</sub>) (mensajes  $v_i$  de la expresión (1)) obtenida como resultado de la operación matemática al circuito de desplazamiento cíclico 308.

40 El circuito de desplazamiento cíclico 308 desplaza cíclicamente los mensajes D310<sub>1</sub> a D310<sub>5</sub> calculados por la sección de cálculo de nodo variable 307 en base a la información con respecto a qué número de matrices unidad original el borde correspondiente se desplaza cíclicamente en la matriz de comprobación de paridad de conversión  $H'$ , y suministra un resultado del desplazamiento cíclico como un mensaje D311 a la memoria de almacenamiento de datos de borde 300.

Llevando a cabo la secuencia de operaciones descrita anteriormente, se puede llevar a cabo la decodificación en un ciclo de un código LDPC. En el aparato de decodificación de la FIG. 34, después de que un código LDPC se decodifica un número predeterminado de veces, un resultado de decodificación final se determina por la sección de cálculo de palabra decodificada 309 y la sección de reordenación de datos decodificados 311 y luego se emite.

45 En particular, la sección de cálculo de palabra decodificada 309 incluye cinco calculadoras de palabra decodificada 309<sub>1</sub> a 309<sub>5</sub> y actúa como una etapa final en una pluralidad de ciclos de decodificación para calcular un resultado de decodificación (palabra decodificada) según la expresión (5) usando los cinco mensajes D308 (D308<sub>1</sub> a D308<sub>5</sub>) (mensajes  $u_j$  de la expresión (5)) emitidos desde el selector 305 y los cinco valores de recepción D309 (valores de recepción  $u_{oi}$  de la expresión (5)) emitidos desde la memoria de datos de recepción 306. Entonces, la sección de cálculo de palabra decodificada 309 suministra datos decodificados D315 obtenidos como resultado del cálculo a la sección de reordenación de datos decodificados 311.

55 La sección de reordenación de datos decodificados 311 lleva a cabo la sustitución inversa a la sustitución de columnas de la expresión (9) para los datos decodificados D315 suministrados a la misma desde la sección de cálculo de palabra decodificada 309 para reordenar el orden de los datos decodificados D315 y emite los datos decodificados reordenados D315 como un resultado de decodificación D316.

Como se describió anteriormente, aplicando una o ambas de sustitución de filas y sustitución de columnas a una matriz de comprobación de paridad (matriz de comprobación de paridad original) para convertir la matriz de comprobación de paridad en una matriz de comprobación de paridad (matriz de comprobación de paridad de

conversión) que se puede representar mediante una combinación de una matriz unidad de  $P \times P$  elementos, una matriz cuasi unidad que corresponde a la matriz unidad cuyo elemento o elementos de 1 se cambian a un elemento o elementos de 0, una matriz de desplazamiento que corresponde a la matriz unidad o matriz cuasi unidad después de que se desplaza cíclicamente, una matriz de suma de dos o más de la matriz unidad, matriz cuasi unidad y matriz de desplazamiento, y una matriz 0 de  $P \times P$  elementos como se ha descrito anteriormente, llega a ser posible adoptar para decodificación de código LDPC una arquitectura que lleva a cabo la operación matemática de nodo de comprobación y la operación matemática de nodo variable simultáneamente para los  $P$  nodos de comprobación y los  $P$  nodos variables. Por consiguiente, llevando a cabo la operación matemática de nodo simultáneamente para los  $P$  nodos, es posible suprimir la frecuencia de operación dentro de un intervalo implementable para llevar a cabo decodificación LDPC.

La sección de decodificación LDPC 56 que compone el aparato de recepción 12 de la FIG. 29 lleva a cabo la operación matemática de nodo de comprobación y la operación matemática de nodo variable simultáneamente para  $P$  nodos de comprobación y  $P$  nodos variables para llevar a cabo la decodificación LDPC de forma similar al aparato de decodificación de la FIG. 34.

En particular, se supone ahora simplificar la descripción de que la matriz de comprobación de paridad de un código LDPC emitido desde la sección de codificación LDPC 21 que compone el aparato de transmisión 11 de la FIG. 8 es, por ejemplo, la matriz de comprobación de paridad  $H$  en donde la matriz de paridad tiene una estructura de escalera mostrada en la FIG. 31. En este caso, el intercalado de paridad 23 del aparato de transmisión 11 lleva a cabo intercalado de paridad para intercalar el bit de código de orden  $K + qx + y + 1$  a la posición del bit de código de orden  $K + Py + x + 1$  con la longitud de información  $K$  fijada a 60, con el  $P$  número de columnas unidad de la estructura cíclica fijado a 5 y con el testador  $q (= M/P)$  de la longitud de paridad  $M$  a 6.

Dado que este intercalado de paridad corresponde a la sustitución de columnas de la expresión (9), la sección de decodificación LDPC 56 no necesita llevar a cabo la sustitución de columnas de la expresión (9).

Por lo tanto, en el aparato de recepción 12 de la FIG. 29, un código LDPC para el que no se ha llevado a cabo el desintercalado de paridad, es decir, un código LDPC en un estado en el que se lleva a cabo la sustitución de columnas de la expresión (9), se suministra desde el desintercalador de torsión de columnas 55 a la sección de decodificación LDPC 56 como se ha descrito anteriormente. La sección de decodificación LDPC 56 lleva a cabo un procesamiento similar al del aparato de decodificación de la FIG. 34 excepto que no se lleva a cabo la sustitución de columnas de la expresión (9).

En particular, la FIG. 35 muestra un ejemplo de una configuración de la sección de decodificación LDPC 56 de la FIG. 29.

Con referencia a la FIG. 35, la sección de decodificación LDPC 56 se configura de manera similar a la del aparato de decodificación de la FIG. 34 excepto que no se proporciona la sección de reordenación de datos de recepción 310 de la FIG. 34 y lleva a cabo un procesamiento similar al del aparato de decodificación de la FIG. 34 excepto que no se lleva a cabo la sustitución de columnas de la expresión (9). Por lo tanto, la descripción de la sección de decodificación LDPC 56 se omite en la presente memoria.

Dado que la sección de decodificación LDPC 56 se puede configurar sin incluir la sección de reordenación de datos de recepción 310 como se ha descrito anteriormente, se puede reducir en escala en comparación con el aparato decodificador de la FIG. 34.

Se ha de señalar que, mientras, en las FIG. 31 a 35, se supone que la longitud de código  $N$  del código LDPC es 90; la longitud de información  $K$  es 60; el número de columnas unidad  $P$  (número de filas y número de columnas de una matriz componente) de la estructura cíclica es 5; y el testador  $q (= M/P)$  de la longitud de paridad  $M$  es 6, para una descripción simplificada, la longitud de código  $N$ , la longitud de información  $K$ , el número de columnas unidad  $P$  de la estructura cíclica y el testador  $q (= M/P)$  no se limitan individualmente a los valores específicos dados anteriormente.

En particular, mientras que la sección de codificación LDPC 21 en el aparato de transmisión 11 de la FIG. 8 emite un código LDPC en donde, por ejemplo, la longitud de código  $N$  es 64.800, la longitud de información  $K$  es  $N - Pq (= N - M)$ , el número de columnas unidad  $P$  de la estructura cíclica es 360 y el testador  $q$  es  $M/P$ , la sección de decodificación LDPC 56 en la FIG. 35 se puede aplicar también donde se lleva a cabo la decodificación LDPC llevando a cabo la operación matemática de nodo de comprobación y la operación matemática de nodo variable simultáneamente para  $P$  nodos de comprobación y  $P$  nodos variables con respecto a tal código LDPC como se acaba de describir.

Aunque la serie de procesos descritos anteriormente se puede ejecutar por hardware, de otro modo se puede ejecutar por software. Donde la serie de procesos se ejecuta por software, un programa que construye el software se instala en un ordenador para uso universal o similar.

La FIG. 36 muestra un ejemplo de una configuración de una realización de un ordenador en el que se instala un programa para ejecutar la serie de procesos descritos anteriormente.

El programa puede estar grabado por adelantado en un disco duro 405 o en una ROM 403 como medio de grabación incorporado en el ordenador.

O, el programa se puede almacenar (grabar) temporal o permanentemente en un medio de grabación extraíble 411 tal como un disco flexible, un CD-ROM (Memoria de Sólo Lectura de Disco Compacto), un disco MO (Magneto óptico), un DVD (Disco Digital Versátil), un disco magnético o una memoria de semiconductores. Tal medio de grabación extraíble 411, como se acaba de describir, se puede proporcionar como un denominado paquete de software.

Se ha de señalar que el programa no solamente se puede instalar a partir de tal medio de grabación extraíble 411 como se ha descrito anteriormente en el ordenador, sino que también se puede instalar en el disco duro 405 integrado en el ordenador donde se transfiere al mismo y se recibe por una sección de comunicación 408. En este caso, el programa se puede transferir al ordenador mediante comunicación inalámbrica desde un sitio de descarga a través de un satélite artificial para difusión digital por satélite o transferir al ordenador mediante comunicación por cable a través de una red, tal como una LAN (Red de Área Local) o Internet.

El ordenador tiene una CPU (unidad central de procesamiento) 402 incorporada dentro del mismo. Una interfaz de entrada/salida 410 se conecta a la CPU 402 mediante un bus 401, y si se introduce una instrucción a la CPU 402 a través de la interfaz de entrada/salida 410 cuando una sección de entrada 407 configurada desde un teclado, un ratón, un micrófono, etc. se opera por un usuario o en un caso similar, la CPU 402 ejecuta el programa almacenado en la ROM (Memoria de Sólo Lectura) 403. O, la CPU 402 carga un programa almacenado en el disco duro 405, un programa transferido desde un satélite o una red, recibido por la sección de comunicación 408 e instalado en el disco duro 405 o un programa leído desde el medio de grabación extraíble 411 cargado en una unidad 409 e instalado en el disco duro 405 en una RAM (Memoria de Acceso Aleatorio) 404 y ejecuta el programa. Por consiguiente, la CPU 402 lleva a cabo el procesamiento según el diagrama de flujo descrito anteriormente o el procesamiento llevado a cabo por la configuración del diagrama de bloques descrito anteriormente. Entonces, la CPU 402 emite un resultado del procesamiento desde una sección de salida 406 configurada desde un LCD (Visualizador de Cristal Líquido), un altavoz, etc. y transmite el resultado del procesamiento desde la sección de comunicación 408 a través de la interfaz de entrada/salida 410 o graba el resultado del procesamiento en el disco duro 405 según lo demande la ocasión.

Aquí, en la presente especificación, los pasos de procesamiento que describen el programa para hacer al ordenador llevar a cabo varios procesos no necesitan ser procesados necesariamente en una serie de tiempo según el orden descrito como un diagrama de flujo, sino que incluyen aquellos procesos a ser ejecutados en paralelo o individualmente (por ejemplo, procesos paralelos o procesos mediante un objeto).

Además, el programa se puede procesar mediante un único ordenador o se puede procesar mediante procesamiento distribuido mediante una pluralidad de ordenadores. Además, el programa se puede transferir y ejecutar por un ordenador en un lugar remoto.

Se ha de señalar que la realización de la presente invención no se limita a la realización específica descrita anteriormente, sino que se puede alterar de diversas maneras sin apartarse de la materia objeto de la presente invención.

En particular, mientras, en la presente realización, se llevan a cabo intercalado de paridad e intercalado de torsión de columna como un proceso de reordenación para un código LDPC prescrito en DVB-S.2, el intercalado de paridad se puede aplicar a un código LDPC de una matriz de comprobación de paridad cuya matriz de información no tiene una estructura cíclica si la matriz de paridad tiene una estructura de escalera. Mientras tanto, el intercalado de torsión de columna como proceso de reordenación se puede aplicar también al código LDPC de una matriz de comprobación de paridad que se puede variar para tener una estructura seudocíclica al menos mediante sustitución de columnas, el código QC-LDPC (QC: Cuasi Cíclica), etc. donde toda la matriz de comprobación de paridad tiene una estructura cíclica.

En particular, solamente se requiere para la matriz de comprobación de paridad de códigos LDPC los cuales son objeto de intercalado de paridad que la matriz de paridad de la misma tenga una estructura de escalera, aunque no haya necesidad de que la matriz de información tenga una estructura cíclica.

Además, la matriz de comprobación de paridad de un código LDPC que es objeto de intercalado de torsión de columna como el proceso de reordenación no se limita particularmente en términos de la estructura.

Se ha de señalar que solamente es necesario para el proceso de reordenación que pueda reordenar los bits de código de un código LDPC de manera que una pluralidad de bits de código que corresponden al valor 1 incluidos en una fila arbitraria de la matriz de comprobación de paridad no se incluyan en el mismo símbolo y se puedan llevar a cabo por un método distinto del intercalado de torsión de columna. En particular, el proceso de reordenación se puede llevar a cabo usando, no la memoria 31 para almacenar datos en la dirección de columna y la dirección de fila, sino, por ejemplo, una memoria para almacenar los datos solamente en una dirección y controlar la dirección de escritura y la dirección de lectura de la memoria.

Ahora, se describe además un proceso para codificación LDPC por la sección de codificación LDPC 21 del aparato de transmisión 11.

Por ejemplo, en el estándar DVB-S.2, se prescribe una codificación LDPC de las dos longitudes de código N diferentes de 64.800 bits y 16.200 bits.

5 Y, para el código LDPC cuya longitud de código N es de 64.800 bits, se prescriben las 11 tasas de codificación 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9 y 9/10, y para el código LDPC cuya longitud de código N es 16.200 bits, se prescriben las 10 tasas de codificación 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6 y 8/9.

10 La sección de codificación LDPC 21 lleva a cabo la codificación (codificación de corrección de errores) en códigos LDPC de las diferentes tasas de codificación cuya longitud de código N es 64.800 bits o 16.200 bits según una matriz de comprobación de paridad H preparada para cada longitud de código N y para cada tasa de codificación.

En particular, la sección de codificación LDPC 21 almacena una tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad descrita a continuación para producir una matriz de comprobación de paridad H para cada longitud de código N y para cada tasa de codificación.

15 Aquí, en el estándar DVB-S.2, se prescriben códigos LDPC de las dos longitudes de código N diferentes de 64.800 bits y 16.200 bits como se ha descrito anteriormente, y se prescriben las 11 tasas de codificación diferentes para el código LDPC cuya longitud de código N es de 64.800 bits y se prescriben las 10 tasas de codificación diferentes para el código LDPC cuya longitud de código N es de 16.200 bits.

20 Por consiguiente, donde el aparato de transmisión 11 es un aparato que lleva a cabo el procesamiento en cumplimiento con el estándar DVB-S.2, las tablas de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad que corresponden individualmente a las 11 tasas de codificación diferentes para el código LDPC cuya longitud de código N es de 64.800 bits y las tablas de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad que corresponden individualmente a las 10 tasas de codificación diferentes para el código LDPC cuya longitud de código N es 16.200 bits se almacenan en la sección de codificación LDPC 21.

25 La sección de codificación LDPC 21 fija una longitud de código N y una tasa de codificación r para códigos LDPC, por ejemplo, en respuesta a una operación de un operador. La longitud de código N y la tasa de codificación r fijada por la sección de codificación LDPC 21 se conocen en lo sucesivo de manera adecuada como longitud de código N fijada y tasa de codificación r fijada, respectivamente.

30 La sección de codificación LDPC 21 coloca, en base a las tablas de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad que corresponden a la longitud de código N fijada y la tasa de codificación r fijada, elementos del valor 1 de una matriz de información  $H_A$  que corresponde a una longitud de información K (= Nr = longitud de código N - longitud de paridad M) que corresponde a la longitud de código N fijada y a la tasa de codificación r fijada en un periodo de 360 columnas (P número de columnas unidad de la estructura cíclica) en la dirección de columna para producir una matriz de comprobación de paridad H.

35 Entonces, la sección de codificación LDPC 21 extrae bits de información para la longitud de información K de datos objeto que son objeto de transmisión, tales como datos de imagen o datos de sonido suministrados desde el aparato de transmisión 11. Además, la sección de codificación LDPC 21 calcula los bits de paridad correspondientes a los bits de información en base a la matriz de comprobación de paridad H para producir una palabra de código (código LDPC) para una longitud de código.

40 En otras palabras, la sección de codificación LDPC 21 lleva a cabo sucesivamente la operación matemática de un bit de paridad de la palabra de código c que satisface la siguiente expresión.

$$Hc^T = 0$$

Aquí, en la expresión anterior, c indica un vector de fila como la palabra de código (código LDPC) y  $c^T$  indica la inversión del vector de fila c.

45 Donde, desde dentro del vector de fila c como un código LDPC (una palabra de código), una parte que corresponde a los bits de información se representa por un vector de fila A y una parte que corresponde a los bits de paridad se representa por un vector de fila T, el vector de fila c se puede representar mediante una expresión  $c = [A|T]$  a partir del vector de fila A como los bits de información y del vector de fila T como los bits de paridad.

50 Mientras tanto, la matriz de comprobación de paridad H se puede representar a partir de la matriz de información  $H_A$  de aquéllos de los bits de código del código LDPC que corresponden a los bits de información y la matriz de paridad  $H_T$  de aquéllos de los bits de código del código LDPC que corresponden a los bits de paridad mediante una expresión  $H = [H_A|H_T]$  (matriz en donde los elementos de la matriz de información  $H_A$  son elementos en el lado izquierdo y los elementos de la matriz de paridad  $H_T$  son elementos en el lado derecho).

Además, por ejemplo, en el estándar DVB-S.2, la matriz de comprobación de paridad  $H_T$  de la matriz de comprobación de paridad  $H = [H_A|H_T]$  tiene una estructura de escalera.

- Es necesario para la matriz de comprobación de paridad  $H$  y el vector de fila  $c = [A|T]$  como código LDPC satisfacer la expresión  $Hc^T = 0$ , y donde la matriz de paridad  $H_T$  de la matriz de comprobación de paridad  $H = [H_A|H_T]$  tiene una estructura de escalera, el vector de fila  $T$  como bits de paridad que configura el vector de fila  $c = [A|T]$  que satisface la expresión  $Hc^T = 0$  se puede determinar secuencialmente fijando los elementos de cada fila a cero en orden comenzando con los elementos de la primera fila del vector de columna  $Hc^T$  en la expresión  $Hc^T = 0$ .
- Si la sección de codificación LDPC 21 determina un bit de paridad  $T$  para un bit de información  $A$ , entonces emite una palabra de código  $c = [A|T]$  representada por el bit de información  $A$  y el bit de paridad  $T$  como resultado de codificación LDPC del bit de información  $A$ .
- Como se ha descrito anteriormente, la sección de codificación LDPC 21 almacena las tablas de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad que corresponden a las longitudes de código  $N$  y las tasas de codificación  $r$  por adelantado y lleva a cabo la codificación LDPC de la longitud de código  $N$  fijada y la tasa de codificación  $r$  fijada usando una matriz de comprobación de paridad  $H$  producida a partir de las tablas de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad que corresponde a la longitud de código  $N$  fijada y la tasa de codificación  $r$  fijada.
- Cada tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad es una tabla que representa la posición de elementos del valor 1 de la matriz de información  $H_A$  que corresponde a la longitud de información  $K$  que corresponde a la longitud de código  $N$  y la tasa de codificación  $r$  del código LDPC de la matriz de comprobación de paridad  $H$  (código LDPC definido por la matriz de comprobación de paridad  $H$ ) para cada 360 filas ( $P$  número de columnas unidad de la estructura periódica), y se produce por adelantado para una matriz de comprobación de paridad  $H$  para cada longitud de código  $N$  y cada tasa de codificación  $r$ .
- Las FIG. 37 a 82 ilustran las tablas de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad para producir varias matrices de comprobación de paridad  $H$  que incluyen tablas de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad prescritas en el estándar DVB-S.2.
- En particular, la FIG. 37 muestra la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad para una matriz de comprobación de paridad  $H$  prescrita en el estándar DVB-S.2 y que tiene una longitud de código  $N$  de 16.200 bits y una tasa de codificación  $r$  de 2/3.
- Las FIG. 38 a 40 muestran la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad para una matriz de comprobación de paridad  $H$  prescrita en el estándar DVB-S.2 y que tiene una longitud de código  $N$  de 64.800 bits y una tasa de codificación  $r$  de 2/3.
- Se ha de señalar que la FIG. 39 es una vista que continúa desde la FIG. 38 y la FIG. 40 es una vista que continúa desde la FIG. 39.
- La FIG. 41 muestra la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad para una matriz de comprobación de paridad  $H$  prescrita en el estándar DVB-S.2 y que tiene una longitud de código  $N$  de 16.200 bits y una tasa de codificación  $r$  de 3/4.
- Las FIG. 42 a 45 muestran la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad para una matriz de comprobación de paridad  $H$  prescrita en el estándar DVB-S.2 y que tiene una longitud de código  $N$  de 64.800 bits y una tasa de codificación  $r$  de 3/4.
- Se ha de señalar que la FIG. 43 es una vista que continúa desde la FIG. 42 y la FIG. 44 es una vista que continúa desde la FIG. 43. Además, la FIG. 45 es una vista que continúa desde la FIG. 44.
- La FIG. 46 muestra la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad para una matriz de comprobación de paridad  $H$  prescrita en el estándar DVB-S.2 y que tiene una longitud de código  $N$  de 16.200 bits y una tasa de codificación  $r$  de 4/5.
- Las FIG. 47 a 50 muestran la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad para una matriz de comprobación de paridad  $H$  prescrita en el estándar DVB-S.2 y que tiene una longitud de código  $N$  de 64.800 bits y una tasa de codificación  $r$  de 4/5.
- Se ha de señalar que la FIG. 48 es una vista que continúa desde la FIG. 47 y la FIG. 49 es una vista que continúa desde la FIG. 48. Además, la FIG. 50 es una vista que continúa desde la FIG. 49.
- La FIG. 51 muestra la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad para una matriz de comprobación de paridad  $H$  prescrita en el estándar DVB-S.2 y que tiene una longitud de código  $N$  de 16.200 bits y una tasa de codificación  $r$  de 5/6.
- Las FIG. 52 a 55 muestran la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad para una matriz de comprobación de paridad  $H$  prescrita en el estándar DVB-S.2 y que tiene una longitud de código  $N$  de 64.800 bits y una tasa de codificación  $r$  de 5/6.

Se ha de señalar que la FIG. 53 es una vista que continúa desde la FIG. 52 y la FIG. 54 es una vista que continúa desde la FIG. 53. Además, la FIG. 55 es una vista que continúa desde la FIG. 54.

5 La FIG. 56 muestra la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad para una matriz de comprobación de paridad H prescrita en el estándar DVB-S.2 y que tiene una longitud de código N de 16.200 bits y una tasa de codificación r de 8/9.

Las FIG. 57 a 60 muestran la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad para una matriz de comprobación de paridad H prescrita en el estándar DVB-S.2 y que tiene una longitud de código N de 64.800 bits y una tasa de codificación r de 8/9.

10 Se ha de señalar que la FIG. 58 es una vista que continúa desde la FIG. 57 y la FIG. 59 es una vista que continúa desde la FIG. 58. Además, la FIG. 60 es una vista que continúa desde la FIG. 59.

Las FIG. 61 a 64 muestran la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad para una matriz de comprobación de paridad H prescrita en el estándar DVB-S.2 y que tiene una longitud de código N de 64.800 bits y una tasa de codificación r de 9/10.

15 Se ha de señalar que la FIG. 62 es una vista que continúa desde la FIG. 61 y la FIG. 63 es una vista que continúa desde la FIG. 62. Además, la FIG. 64 es una vista que continúa desde la FIG. 63.

Las FIG. 65 y 66 muestran la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad para una matriz de comprobación de paridad H prescrita en el estándar DVB-S.2 y que tiene una longitud de código N de 64.800 bits y una tasa de codificación r de 1/4.

Se ha de señalar que la FIG. 66 es una vista que continúa desde la FIG. 65.

20 Las FIG. 67 y 68 muestran la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad para una matriz de comprobación de paridad H prescrita en el estándar DVB-S.2 y que tiene una longitud de código N de 64.800 bits y una tasa de codificación r de 1/3.

Se ha de señalar que la FIG. 68 es una vista que continúa desde la FIG. 67.

25 Las FIG. 69 y 70 muestran la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad para una matriz de comprobación de paridad H prescrita en el estándar DVB-S.2 y que tiene una longitud de código N de 64.800 bits y una tasa de codificación r de 2/5.

Se ha de señalar que la FIG. 70 es una vista que continúa desde la FIG. 69.

30 Las FIG. 71 a 73 muestran la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad para una matriz de comprobación de paridad H prescrita en el estándar DVB-S.2 y que tiene una longitud de código N de 64.800 bits y una tasa de codificación r de 1/2.

Se ha de señalar que la FIG. 72 es una vista que continúa desde la FIG. 71 y la FIG. 73 es una vista que continúa desde la FIG. 72.

35 Las FIG. 74 a 76 muestran la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad para una matriz de comprobación de paridad H prescrita en el estándar DVB-S.2 y que tiene una longitud de código N de 64.800 bits y una tasa de codificación r de 3/5.

Se ha de señalar que la FIG. 75 es una vista que continúa desde la FIG. 74 y la FIG. 76 es una vista que continúa desde la FIG. 75.

40 La FIG. 77 muestra la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad para una matriz de comprobación de paridad H prescrita en el estándar DVB-S.2 y que tiene una longitud de código N de 16.200 bits y una tasa de codificación r de 1/4.

La FIG. 78 muestra la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad para una matriz de comprobación de paridad H prescrita en el estándar DVB-S.2 y que tiene una longitud de código N de 16.200 bits y una tasa de codificación r de 1/3.

45 La FIG. 79 muestra la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad para una matriz de comprobación de paridad H prescrita en el estándar DVB-S.2 y que tiene una longitud de código N de 16.200 bits y una tasa de codificación r de 2/5.

La FIG. 80 muestra la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad para una matriz de comprobación de paridad H prescrita en el estándar DVB-S.2 y que tiene una longitud de código N de 16.200 bits y una tasa de codificación r de 1/2.

La FIG. 81 muestra la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad para una matriz de comprobación de paridad H prescrita en el estándar DVB-S.2 y que tiene una longitud de código N de 16.200 bits y una tasa de codificación r de 3/5.

5 La FIG. 82 muestra la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad para una matriz de comprobación de paridad H que tiene una longitud de código N de 16.200 bits y una tasa de codificación r de 3/5, que se puede usar en lugar de la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad de la FIG. 81.

La sección de codificación LDPC 21 del aparato de transmisión 11 determina una matriz de comprobación de paridad H de la siguiente manera usando las tablas de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad.

10 En particular, la FIG. 83 ilustra un método para determinar una matriz de comprobación de paridad H a partir de una tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad.

Se ha de señalar que la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad de la FIG. 83 indica la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad para una matriz de comprobación de paridad H prescrita en el estándar DVB-S.2 y que tiene una longitud de código N de 16.200 bits y una tasa de codificación r de 2/3 mostrada en la FIG. 37.

15 Como se ha descrito anteriormente, la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad es una tabla que representa la posición de elementos del valor 1 de una matriz de información  $H_A$  que corresponde a la longitud de información K que corresponde a la longitud de código N y la tasa de codificación r del código LDPC para cada 360 columnas (para cada número de columnas unidad P de la estructura cíclica), y en la primera fila de la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad, un número de números de filas de elementos del valor 1 en la columna de orden  $1 + 360 \times (i-1)$  de la matriz de comprobación de paridad H (números de filas donde el número de filas de la primera fila de la matriz de comprobación de paridad H es 0) es igual al número de ponderaciones de columna que tiene la columna de orden  $1 + 360 \times (i-1)$ .

20 Aquí, se supone que la matriz de paridad  $H_T$  de la matriz de comprobación de paridad H que corresponde a la longitud de paridad M tiene una estructura de escalera y se determina por adelantado. Según la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad, se determina la matriz de información  $H_A$  que corresponde a la longitud de información K de dentro de la matriz de comprobación de paridad H.

25 El número de fila k+1 de la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad difiere dependiendo de la longitud de información K.

30 La longitud de información K y el número de fila k+1 de la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad satisfacen una relación dada por la siguiente expresión.

$$K = (k + 1) \times 360$$

Aquí, 360 en la expresión anterior es el número de columnas unidad P de la estructura cíclica.

35 En la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad de la FIG. 83, se enumeran 13 valores numéricos en la primera a la tercera filas, y se enumeran tres valores numéricos en las filas cuarta a la de orden k + 1 (en la Figura 83, la 30ª).

Por consiguiente, el número de ponderaciones de columnas en la matriz de comprobación de paridad H determinado a partir de la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad de la FIG. 83 es 13 en las filas primera a la de orden  $1 + 360 \times (3-1) - 1$  pero es 3 en las filas de orden  $1 + 360 \times (3-1)$  a la de orden K.

40 La primera fila de la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad de la FIG. 83 incluye 0, 2084, 1613, 1548, 1286, 1460, 3196, 4297, 2481, 3369, 3451, 4620 y 2622, y esto indica que, en la primera columna de la matriz de comprobación de paridad H, los elementos en filas de los números de fila de 0, 2084, 1613, 1548, 1286, 1460, 3196, 4297, 2481, 3369, 3451, 4620 y 2622 tienen el valor 1 (y además los otros elementos tienen el valor 0).

45 Mientras tanto, la segunda fila de la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad de la FIG. 83 incluye 1, 122, 1516, 3448, 2880, 1407, 1847, 3799, 3529, 373, 971, 4358 y 3108, y esto indica que, en la columna de orden 361 (= orden  $1+360 \times (2-1)$ ) de la matriz de comprobación de paridad H, los elementos en filas de los números de filas de 1, 122, 1516, 3448, 2880, 1407, 1847, 3799, 3529, 373, 971, 4358 y 3108 tienen el valor 1.

Como se ha dado anteriormente, la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad representa la posición de elementos del valor 1 de la matriz de información  $H_A$  de la matriz de comprobación de paridad H para cada 360 columnas.

50 Cada una de las columnas de la matriz de comprobación de paridad H distinta de la columna de orden  $1+360 \times (i-1)$ , es decir, cada una de las columnas desde la columna de orden  $2+360 \times (i-1)$  hasta la de orden  $360 \times i$ , incluye elementos del valor de 1 obtenidos desplazando cíclicamente los elementos del valor de 1 de la columna de orden

1+360x (i-1) que dependen de la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad periódicamente en la dirección hacia abajo (en dirección hacia abajo de la columna) según la longitud de paridad M .

5 En particular, por ejemplo, la columna de orden 2+360x (i-1) es una columna obtenida desplazando cíclicamente la columna de orden 1+360x (i-1) en la dirección hacia abajo por M/360 (= q), y la siguiente de orden 3+360x (i-1) es una columna obtenida desplazando cíclicamente la columna de orden 1+360x (i-1) en la dirección hacia abajo por 2 x M/360 (= 2 x q) y luego desplazando cíclicamente la columna desplazada cíclicamente (columna de orden 2+360x (i-1)) en la dirección hacia abajo por M/360 (= q).

10 Ahora, si se supone que el valor numérico en la columna de orden j (orden j desde la izquierda) en la fila de orden i (fila de orden i desde arriba) de la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad se representa por  $b_{i,j}$  y el número de fila del elemento de orden j del valor 1 en la columna de orden w de la matriz de comprobación de paridad H se representa por  $H_{w,j}$ , entonces el número de filas  $H_{w,j}$  del elemento del valor 1 en la columna de orden w que es una columna distinta de la columna de orden 1+360x (i-1) de la matriz de comprobación de paridad H se puede determinar según la siguiente expresión.

$$H_{w,j} = \text{mod} \{h_{i,j} + \text{mod} ((w-1), P) \times q, M\}$$

15 Aquí, mod (x, y) significa un resto cuando x se divide por y.

Mientras tanto, P es un número de columnas unitarias de la estructura cíclica descrita anteriormente y es, por ejemplo, en el estándar DVB-S.2, 360. Además, q es un valor M/360 obtenido dividiendo la longitud de paridad M por el número de columnas unitarias P (= 360) de la estructura cíclica.

20 La sección de codificación LDPC 21 especifica el número de filas de los elementos del valor 1 en la columna de orden 1+360x (i-1) de la matriz de comprobación de paridad H de la tabla de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad.

25 Además, la sección de codificación LDPC 21 determina el número de fila  $H_{w,j}$  del elemento del valor 1 en la columna de orden w que es una columna distinta de la columna de orden 1+360x (i-1) de la matriz de comprobación de paridad H y produce una matriz de comprobación de paridad H en la que los elementos de los números de filas obtenidos por lo precedente tienen el valor 1.

Ahora, se describen las variaciones del método de sustitución de bits de código de un código LDPC en el proceso de sustitución mediante la sección de sustitución 32 del demultiplexor 25 en el aparato de transmisión 11, es decir, del patrón de asignación (conocido en lo sucesivo como patrón de asignación de bits) de bits de código de un código LDPC y bits de símbolo representativos de un símbolo.

30 En el desmultiplexor 25, los bits de código del código LDPC se escriben en la dirección de columna de la memoria 31, que almacena (N/ (mb)) x (mb) bits en la dirección de columna x la dirección de fila. A partir de entonces, los bits de código se leen en una unidad de mb bits en la dirección de fila. Además, en el desmultiplexor 25, la sección de sustitución 32 sustituye los mb bits de código leídos en la dirección de fila de la memoria 31 y determina los bits de código después de la sustitución como mb bits de símbolos de símbolos b (sucesivos).

35 En particular, la sección de sustitución 32 determina el bit de orden i+1 a partir del bit más significativo de los mb bits de código leídos en la dirección de fila de la memoria 31 como el bit de código  $b_i$  y determina el bit de orden i+1 a partir del bit más significativo de los mb bits de símbolo de los b símbolos (sucesivos) como el bit de símbolo  $y_i$ , y luego sustituye los mb bits de código  $b_0$  a  $b_{mb-1}$  según un patrón de asignación de bits predeterminado.

40 La FIG. 84 muestra un ejemplo de un patrón de asignación de bits de que se puede adoptar donde el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código N es de 64.800 bits y cuya tasa de codificación es 5/6 o 9/10 y además el método de modulación es 4096QAM y el múltiplo b es 1.

45 Donde el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código N es 64.800 bits y cuya tasa de codificación es 5/6 o 9/10 y además el método de modulación es 4096QAM y el múltiplo b es 1, en el desmultiplexor 25, los bits de código escritos en la memoria 31 para almacenar (64.800/ (12 x 1)) x (12 x 1) bits en la dirección de columna x la dirección de fila se leen en una unidad de 12 x 1 (= mb) bits en la dirección de fila y se suministran a la sección de sustitución 32.

La sección de sustitución 32 sustituye 12 x 1 (= mb) bits de código  $b_0$  a  $b_{11}$  de manera que los 12 x 1 (= mb) bits de código  $b_0$  a  $b_{11}$  que se leen de la memoria 31 se pueden asignar a los 12 x 1 (= mb) bits de símbolo  $y_0$  a  $y_{11}$  de un (= b) símbolo como se ve en la FIG. 84.

50 En particular, según la FIG. 84, la sección de sustitución 32 lleva a cabo, con respecto a ambos de un código LDPC que tiene la tasa de codificación de 5/6 y un código LDPC que tiene la tasa de codificación de 9/10 de entre los códigos LDPC que tienen la longitud de código N de 64.800 bits, una sustitución para asignar

el bit de código  $b_0$  al bit de símbolo  $y_8$ ,

- el bit de código  $b_1$  al bit de símbolo  $y_0$ ,
- el bit de código  $b_2$  al bit de símbolo  $y_6$ ,
- el bit de código  $b_3$  al bit de símbolo  $y_1$ ,
- el bit de código  $b_4$  al bit de símbolo  $y_4$ ,
- 5 el bit de código  $b_5$  al bit de símbolo  $y_5$ ,
- el bit de código  $b_6$  al bit de símbolo  $y_2$ ,
- el bit de código  $b_7$  al bit de símbolo  $y_3$ ,
- el bit de código  $b_8$  al bit de símbolo  $y_7$ ,
- el bit de código  $b_9$  al bit de símbolo  $y_{10}$ ,
- 10 el bit de código  $b_{10}$  al bit de símbolo  $y_{11}$ , y
- el bit de código  $b_{11}$  al bit de símbolo  $y_9$ .

La FIG. 85 muestra un ejemplo de un patrón de asignación de bits que se puede adoptar donde el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código  $N$  es 64.800 bits y cuya tasa de codificación es 5/6 o 9/10 y además el método de modulación es 4096QAM y el múltiplo  $b$  es 2.

- 15 Donde el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código  $N$  es de 64.800 bits y cuya tasa de codificación es 5/6 o 9/10 y además el método de modulación es 4096QAM y el múltiplo  $b$  es 2, en el demultiplexor 25, los bits de código escritos en la memoria 31 para almacenar  $(64.800 / (12 \times 2)) \times (12 \times 2)$  bits en la dirección de columna  $x$  la dirección de fila se leen en una unidad de  $12 \times 2 (= mb)$  bits en la dirección de fila y se suministran a la sección de sustitución 32.
- 20 La sección de sustitución 32 sustituye  $12 \times 2 (= mb)$  bits de código  $b_0$  a  $b_{23}$  de manera que los  $12 \times 2 (= mb)$  bits de código  $b_0$  a  $b_{23}$  que se leen de la memoria 31 se pueden asignar a los  $12 \times 2 (= mb)$  bits de símbolo  $y_0$  a  $y_{23}$  de dos  $(= b)$  símbolos sucesivos como se ve en la FIG. 85.

En particular, según la FIG. 85, la sección de sustitución 32 lleva a cabo, con respecto a ambos de un código LDPC que tiene la tasa de codificación de 5/6 y un código LDPC que tiene la tasa de codificación de 9/10 de entre los

- 25 códigos LDPC que tienen la longitud de código  $N$  de 64.800 bits, una sustitución para asignar
- el bit de código  $b_0$  al bit de símbolo  $y_8$ ,
- el bit de código  $b_2$  al bit de símbolo  $y_0$ ,
- el bit de código  $b_4$  al bit de símbolo  $y_6$ ,
- el bit de código  $b_6$  al bit de símbolo  $y_1$ ,
- 30 el bit de código  $b_8$  al bit de símbolo  $y_4$ ,
- el bit de código  $b_{10}$  al bit de símbolo  $y_5$ ,
- el bit de código  $b_{12}$  al bit de símbolo  $y_2$ ,
- el bit de código  $b_{14}$  al bit de símbolo  $y_3$ ,
- el bit de código  $b_{16}$  al bit de símbolo  $y_7$ ,
- 35 el bit de código  $b_{18}$  al bit de símbolo  $y_{10}$ ,
- el bit de código  $b_{20}$  al bit de símbolo  $y_{11}$ ,
- el bit de código  $b_{22}$  al bit de símbolo  $y_9$ ,
- el bit de código  $b_1$  al bit de símbolo  $y_{20}$ ,
- el bit de código  $b_3$  al bit de símbolo  $y_{12}$ ,
- 40 el bit de código  $b_5$  al bit de símbolo  $y_{18}$ ,
- el bit de código  $b_7$  al bit de símbolo  $y_{13}$ ,

el bit de código  $b_9$  al bit de símbolo  $y_{16}$ ,

el bit de código  $b_{11}$  al bit de símbolo  $y_{17}$ ,

el bit de código  $b_{13}$  al bit de símbolo  $y_{14}$ ,

el bit de código  $b_{15}$  al bit de símbolo  $y_{15}$ ,

5 el bit de código  $b_{17}$  al bit de símbolo  $y_{19}$ ,

el bit de código  $b_{19}$  al bit de símbolo  $y_{22}$ ,

el bit de código  $b_{21}$  al bit de símbolo  $y_{23}$ , y

el bit de código  $b_{23}$  al bit de símbolo  $y_{21}$ .

10 Aquí, el patrón de asignación de bits de la FIG. 85 utiliza el patrón de asignación de bits de la FIG. 84 donde el múltiplo  $b$  es 1 sin ninguna modificación. En particular, la asignación de los bits de código  $b_0, b_2, \dots, b_{22}$  a los bits de símbolo  $y_i$  y la asignación de los  $b_1, b_3, \dots, b_{23}$  a los bits de símbolo  $y_i$  son similares a la asignación de los bits de código  $b_0$  a  $b_{11}$  a los bits de símbolo  $y_1$  de la FIG. 84.

15 La FIG. 86 muestra un ejemplo de un patrón de asignación de bits que se puede adoptar donde el método de modulación es 1024QAM y el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código  $N$  es 16.200 bits y cuya tasa de codificación es  $3/4, 5/6$  u  $8/9$  y además el múltiplo  $b$  es 2 y también donde el método de modulación es 1024QAM y el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código  $N$  es 64.800 bits y cuya longitud de codificación es  $3/4, 5/6$  o  $9/10$  y además el múltiplo  $b$  es 2.

20 Donde el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código  $N$  es 16.200 bits y cuya tasa de codificación es  $3/4, 5/6$  u  $8/9$  y el método de modulación es 1024QAM y además el múltiplo  $b$  es 2, en el demultiplexor 25, los bits de código escritos en la memoria 31 para almacenar  $(16.200 / (10 \times 2)) \times (10 \times 2)$  bits en la dirección de columna  $x$  la dirección de fila se leen en una unidad de  $10 \times 2$  (=  $mb$ ) bits en la dirección de fila y se suministran a la sección de sustitución 32.

25 Por otra parte, donde el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código  $N$  es 64.800 bits y cuya tasa de codificación es  $3/4, 5/6$  o  $9/10$  y el método de modulación es 1024QAM y además el múltiplo  $b$  es 2, en el demultiplexor 25, los bits de código escritos en la memoria 31 para almacenar  $(64.800 / (10 \times 2)) \times (10 \times 2)$  bits en la dirección de columna  $x$  la dirección de fila se leen en una unidad de  $10 \times 2$  (=  $mb$ ) bits en la dirección de fila y se suministran a la sección de sustitución 32.

30 La sección de sustitución 32 sustituye  $10 \times 2$  (=  $mb$ ) bits de código  $b_0$  a  $b_{19}$  de manera que los  $10 \times 2$  (=  $mb$ ) bits de código  $b_0$  a  $b_{19}$  que se leen de la memoria 31 se pueden asignar a los  $10 \times 2$  (=  $mb$ ) bits de símbolo  $y_0$  a  $y_{19}$  de dos (=  $b$ ) símbolos sucesivos como se ve en la FIG. 86.

35 En particular, según la FIG. 86, la sección de sustitución 32 lleva a cabo, con respecto a todos los códigos LDPC que tienen la tasa de codificación de  $3/4$ , los códigos LDPC que tienen la tasa de codificación de  $5/6$  y los códigos LDPC que tienen una tasa de codificación adicional de  $8/9$  de entre los códigos LDPC que tienen la longitud de código  $N$  de 16.200 así como un código LDPC que tiene la tasa de codificación de  $3/4$ , los códigos LDPC que tienen la tasa de codificación de  $5/6$  y los códigos LDPC que tienen una tasa de codificación adicional de  $9/10$  de entre los códigos LDPC que tienen otra longitud de código  $N$  de 64.800, una sustitución para asignar

el bit de código  $b_0$  al bit de símbolo  $y_8$ ,

el bit de código  $b_1$  al bit de símbolo  $y_3$ ,

el bit de código  $b_2$  al bit de símbolo  $y_7$ ,

40 el bit de código  $b_3$  al bit de símbolo  $y_{10}$ ,

el bit de código  $b_4$  al bit de símbolo  $y_{19}$ ,

el bit de código  $b_5$  al bit de símbolo  $y_4$ ,

el bit de código  $b_6$  al bit de símbolo  $y_9$ ,

el bit de código  $b_7$  al bit de símbolo  $y_5$ ,

45 el bit de código  $b_8$  al bit de símbolo  $y_{17}$ ,

el bit de código  $b_9$  al bit de símbolo  $y_6$ ,

- el bit de código  $b_{10}$  al bit de símbolo  $y_{14}$ ,
- el bit de código  $b_{11}$  al bit de símbolo  $y_{11}$ ,
- el bit de código  $b_{12}$  al bit de símbolo  $y_2$ ,
- el bit de código  $b_{13}$  al bit de símbolo  $y_{18}$ ,
- 5 el bit de código  $b_{14}$  al bit de símbolo  $y_{16}$ ,
- el bit de código  $b_{15}$  al bit de símbolo  $y_{15}$ ,
- el bit de código  $b_{16}$  al bit de símbolo  $y_0$ ,
- el bit de código  $b_{17}$  al bit de símbolo  $y_1$ ,
- el bit de código  $b_{18}$  al bit de símbolo  $y_{13}$ , y
- 10 el bit de código  $b_{19}$  al bit de símbolo  $y_{12}$ .

La FIG. 87 muestra un ejemplo de un patrón de asignación de bits que se puede adoptar donde el método de modulación es 4096QAM y el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código  $N$  es 16.200 bits y cuya tasa de codificación es  $5/6$  u  $8/9$  y además el múltiplo  $b$  es 2 y también donde el método de modulación es 4096QAM y el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código  $N$  es 64.800 bits y cuya tasa de codificación es  $5/6$  o  $9/10$  y además el múltiplo  $b$  es 2.

Donde el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código  $N$  es 16.200 bits y cuya tasa de codificación es  $5/6$  u  $8/9$  y el método de modulación es 4096QAM y además el múltiplo  $b$  es 2, en el demultiplexor 25, los bits de código escritos en la memoria 31 para almacenar  $(16.200 / (12 \times 2)) \times (12 \times 2)$  bits en la dirección de columna  $x$  la dirección de fila se leen en una unidad de  $12 \times 2$  (=  $mb$ ) bits en la dirección de fila y se suministran a la sección de sustitución 32.

Por otra parte, donde el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código  $N$  es 64.800 bits y cuya tasa de codificación es  $5/6$  o  $9/10$  y el método de modulación es 4096QAM y además el múltiplo  $b$  es 2, en el demultiplexor 25, los bits de código escritos en la memoria 31 para almacenar  $(64.800 / (12 \times 2)) \times (12 \times 2)$  bits en la dirección de columna  $x$  la dirección de fila se leen en una unidad de  $12 \times 2$  (=  $mb$ ) bits en la dirección de fila y se suministran a la sección de sustitución 32.

La sección de sustitución 32 sustituye  $12 \times 2$  (=  $mb$ ) bits de código  $b_0$  a  $b_{23}$  de manera que los  $12 \times 2$  (=  $mb$ ) bits que se leen de la memoria 31 se pueden asignar a los  $12 \times 2$  (=  $mb$ ) bits de símbolo  $y_0$  a  $y_{23}$  de dos (=  $b$ ) símbolos sucesivos como se ve en la FIG. 87.

En particular, según la FIG. 87, la sección de sustitución 32 lleva a cabo, con respecto a todos los códigos LDPC que tienen la tasa de codificación de  $5/6$  y los códigos LDPC que tienen la tasa de codificación de  $8/9$  de entre los códigos LDPC que tienen la longitud de código de 16.200 bits así como códigos LDPC que tienen la tasa de codificación de  $5/6$  y códigos LDPC que tienen la tasa de codificación de  $9/10$  de entre los códigos LDPC que tienen otra longitud de código  $N$  de 64.800, una sustitución para asignar

- el bit de código  $b_0$  al bit de símbolo  $y_{10}$ ,
- 35 el bit de código  $b_1$  al bit de símbolo  $y_{15}$ ,
- el bit de código  $b_2$  al bit de símbolo  $y_4$ ,
- el bit de código  $b_3$  al bit de símbolo  $y_{19}$ ,
- el bit de código  $b_4$  al bit de símbolo  $y_{21}$ ,
- el bit de código  $b_5$  al bit de símbolo  $y_{16}$ ,
- 40 el bit de código  $b_6$  al bit de símbolo  $y_{23}$ ,
- el bit de código  $b_7$  al bit de símbolo  $y_{18}$ ,
- el bit de código  $b_8$  al bit de símbolo  $y_{11}$ ,
- el bit de código  $b_9$  al bit de símbolo  $y_{14}$ ,
- el bit de código  $b_{10}$  al bit de símbolo  $y_{22}$ ,
- 45 el bit de código  $b_{11}$  al bit de símbolo  $y_5$ .

el bit de código  $b_{12}$  al bit de símbolo  $y_6$ ,

el bit de código  $b_{13}$  al bit de símbolo  $y_{17}$ ,

el bit de código  $b_{14}$  al bit de símbolo  $y_{13}$ ,

el bit de código  $b_{15}$  al bit de símbolo  $y_{20}$ ,

5 el bit de código  $b_{16}$  al bit de símbolo  $y_1$ ,

el bit de código  $b_{17}$  al bit de símbolo  $y_3$ ,

el bit de código  $b_{18}$  al bit de símbolo  $y_9$ ,

el bit de código  $b_{19}$  al bit de símbolo  $y_2$ .

el bit de código  $b_{20}$  al bit de símbolo  $y_7$ ,

10 el bit de código  $b_{21}$  al bit de símbolo  $y_8$ ,

el bit de código  $b_{22}$  al bit de símbolo  $y_{12}$ , y

el bit de código  $y_{23}$  al bit de símbolo  $y_0$ .

15 Según los patrones de asignación de bits mostrados en las FIG. 84 a 87, se puede adoptar el mismo patrón de asignación de bits para una pluralidad de tipos de códigos LDPC, y, además, la tolerancia a los errores se puede fijar a un rendimiento deseado con respecto a todos los múltiples tipos de códigos LDPC.

En particular, las FIG. 88 a 91 ilustran resultados de simulaciones de la BER (Tasa de Error de Bit) donde se lleva a cabo un proceso de sustitución según los patrones de asignación de bits de las FIG. 84 a 87.

Se ha de señalar que, en las FIG. 88 a 91, el eje de abscisas representa  $E_s/N_o$  (relación potencia de señal a potencia de ruido por un símbolo) y el eje de ordenadas representa la BER.

20 Además, la curva de línea continua representa la BER donde se lleva a cabo el proceso de sustitución y una línea discontinua larga y corta alterna representa la BER donde no se lleva a cabo el proceso de sustitución.

La FIG. 88 ilustra la BER donde se lleva a cabo un proceso de sustitución según el patrón de asignación de bits de la FIG. 84 para códigos LDPC cuya longitud de código  $N$  es 64.800 y cuya tasa de codificación es 5/6 y 9/10 adoptando 4096QAM como el método de modulación y fijando el múltiplo  $b$  a 1.

25 La FIG. 89 ilustra la BER donde se lleva a cabo un proceso de sustitución según el patrón de asignación de bits de la FIG. 85 para códigos LDPC cuya longitud de código  $N$  es 64.800 y cuya tasa de codificación es 5/6 y 9/10 adoptando 4096QAM como el método de modulación y fijando el múltiplo  $b$  a 2.

30 Se ha de señalar que, en las FIG. 88 y 89, un gráfico que tiene una marca triangular aplicada al mismo representa la BER con respecto al código LDPC que tiene la tasa de codificación de 5/6, y un gráfico que tiene un asterisco aplicado al mismo representa la BER con respecto al código LDPC que tiene la tasa de codificación de 9/10.

La FIG. 90 ilustra la BER donde se lleva a cabo un proceso de sustitución según el patrón de asignación de bits de la FIG. 86 para códigos LDPC cuya longitud de código  $N$  es 16.200 y cuya tasa de codificación es 3/4, 5/6 y 8/9 y para códigos LDPC cuya longitud de código  $N$  es 64.800 y cuya tasa de codificación es 3/4, 5/6 y 9/10 adoptando 1024QAM como el método de modulación y fijando el múltiplo  $b$  a 2.

35 Se ha de señalar que, en la FIG. 90, un gráfico que tiene un asterisco aplicado al mismo representa la BER con respecto al código LDPC que tiene la longitud de código  $N$  de 64.800 y la tasa de codificación de 9/10, y un gráfico que tiene una marca triangular dirigida hacia arriba aplicada al mismo representa la BER con respecto a los códigos LDPC que tienen la longitud de código  $N$  de 64.800 y la tasa de codificación de 5/6. Además, un gráfico que tiene una marca cuadrada aplicada al mismo representa la BER con respecto al código LDPC que tiene la longitud de código  $N$  de 64.800 y la tasa de codificación de 3/4.

40 Además, en la FIG. 90, un gráfico que tiene una marca redonda aplicada al mismo representa la BER con respecto al código LDPC que tiene la longitud de código  $N$  de 16.200 y la tasa de codificación de 8/9, y un gráfico que tiene una marca triangular dirigida hacia abajo aplicada al mismo representa la BER con respecto al código LDPC que tiene la longitud de código  $N$  de 16.200 y la tasa de codificación de 5/6. Además, un gráfico que tiene una marca más aplicada al mismo representa la BER con respecto al código LDPC que tiene la longitud de código  $N$  de 16.200 y la tasa de codificación de 3/4.

45 La FIG. 91 ilustra la BER donde se lleva a cabo un proceso de sustitución según el patrón de asignación de bits de la FIG. 87 para códigos LDPC cuya longitud de código  $N$  es 16.200 y cuya tasa de codificación es 5/6 y 8/9 y para

códigos LDPC cuya longitud de código N es 64.800 y cuya tasa de codificación es 5/6 y 9/10 adoptando 4096QAM como el método de modulación y fijando el múltiplo b a 2.

5 Se ha de señalar que, en la FIG. 91, un gráfico que tiene un asterisco aplicado al mismo representa la BER con respecto al código LDPC que tiene la longitud de código N de 64.800 y tasa de codificación de 9/10, y un gráfico que tiene una marca triangular dirigida hacia arriba aplicada al mismo representa la BER con respecto a los códigos LDPC que tienen la longitud de código N de 64.800 y la tasa de codificación de 5/6.

10 Además, en la FIG. 91, un gráfico que tiene una marca redonda aplicada al mismo representa la BER con respecto al código LDPC que tiene la longitud de código N de 16.200 y la tasa de codificación de 8/9, y un gráfico que tiene una marca triangular dirigida hacia abajo aplicada al mismo representa la BER con respecto al código LDPC que tiene la longitud de código N de 16.200 y la tasa de codificación de 5/6.

Según las FIG. 88 a 91, se puede adoptar el mismo patrón de asignación de bits con respecto a una pluralidad de tipos de códigos LDPC. Además, la tolerancia a los errores se puede fijar a un rendimiento deseado con respecto a todos los múltiples tipos de códigos LDPC.

15 En particular, donde se adopta un patrón de asignación de bits para uso exclusivo para cada uno de una pluralidad de tipos de códigos LDPC que tienen diferentes longitudes de código y diferentes tasas de codificación, la tolerancia a un error se puede elevar a un rendimiento muy alto. No obstante, es necesario cambiar el patrón de asignación de bits para cada uno de una pluralidad de tipos de códigos LDPC.

20 Por otra parte, según los patrones de asignación de bits de las FIG. 84 a 87, se puede adoptar el mismo patrón de asignación de bits para una pluralidad de tipos de códigos LDPC que tienen diferentes longitudes de código y diferentes tasas de codificación, y se elimina la necesidad de cambiar el patrón de asignación de bits para cada uno de la pluralidad de tipos de códigos LDPC como en un caso en donde se adopta un patrón de asignación de bits para uso exclusivo para cada uno de una pluralidad de tipos de códigos LDPC.

25 Además, según los patrones de asignación de bits de las FIG. 84 a 87, se puede elevar la tolerancia a errores a un rendimiento alto, aunque es un poco menor que aquél donde se adopta un patrón de asignación de bits para uso exclusivo para cada uno de una pluralidad de tipos de códigos LDPC.

En particular, por ejemplo, donde el método de modulación es 4096QAM, se puede usar el mismo patrón de asignación de bits en la FIG. 84 u 85 para todos los códigos LDPC que tienen la longitud de código N de 64.800 y la tasa de codificación de 5/6 y 9/10. Incluso donde se adopta el mismo patrón de asignación de bits de esta manera, se puede elevar la tolerancia a errores a un rendimiento alto.

30 Además, por ejemplo, donde el método de modulación es 1024QAM, se puede adoptar el mismo patrón de asignación de bits de la FIG. 86 para todos los códigos LDPC que tienen la longitud de código N de 16.200 y la tasa de codificación de 3/4, 5/6 y 8/9 y los códigos LDPC que tienen la longitud de código N de 64.800 y la tasa de codificación de 3/4, 5/6 y 9/10. Entonces, incluso si se adopta el mismo patrón de asignación de bits de esta manera, se puede elevar la tolerancia a errores a un rendimiento alto.

35 Mientras tanto, por ejemplo, donde el método de modulación es 4096QAM, se puede adoptar el mismo patrón de asignación de bits de la FIG. 87 para todos los códigos LDPC que tienen la longitud de código N de 16.200 y la tasa de codificación de 5/6 y 8/9 y los códigos LDPC que tienen la longitud de código N de 64.800 y la tasa de codificación de 5/6 y 9/10. Entonces, incluso si se adopta el mismo patrón de asignación de bits de esta manera, se puede elevar la tolerancia a errores a un rendimiento alto.

40 Se describen además variaciones del patrón de asignación de bits.

45 La FIG. 92 ilustra un ejemplo de un patrón de asignación de bits que se puede adoptar donde el código LDPC es cualquier código LDPC que tiene la longitud de código N de 16.200 o 64.800 bits y una de las tasas de codificación para el código LDPC definido por una matriz de comprobación de paridad H producida, por ejemplo, a partir de cualquiera de las tablas de valores iniciales de matriz de comprobación de paridad mostradas en las FIG. 37 a 82 distintas de la tasa de codificación de 3/5 y además el método de modulación es QPSK y el múltiplo b es 1.

50 Donde el código LDPC es un código LDPC que tiene la longitud de código N de 16.200 o 64.800 bits y tiene la tasa de codificación distinta de 3/5 y además el método de modulación es QPSK y el múltiplo b es 1, el demultiplexor 25 lee bits de código escritos en la memoria 31 para almacenar  $(N / (2 \times 1)) \times (2 \times 1)$  bits en la dirección de columna x la dirección de fila en una unidad de  $2 \times 1$  (= mb) bits en la dirección de fila y suministra los bits de código leídos a la sección de sustitución 32.

La sección de sustitución 32 sustituye los  $2 \times 1$  (= mb) bits de código  $b_0$  y  $b_1$  leídos de la memoria 31 de tal manera que los  $2 \times 1$  (= mb) bits de código  $b_0$  y  $b_1$  se asignan a los  $2 \times 1$  (= mb) bits de símbolo  $y_0$  e  $y_1$  de un (= b) símbolo como se ve en la FIG. 92.

En particular, según la FIG. 92, la sección de sustitución 32 lleva a cabo una sustitución para asignar

el bit de código  $b_0$  al bit de símbolo  $y_0$  y

el bit de código  $b_1$  al bit de símbolo  $y_1$ .

Se ha de señalar que, en este caso, también es posible considerar que la sustitución no se lleva a cabo y los bits de código  $b_0$  y  $b_1$  se determinan como están como los bits de símbolos  $y_0$  e  $y_1$ , respectivamente.

- 5 La FIG. 93 muestra un ejemplo de un patrón de asignación de bits que se puede adoptar donde el código LDPC es un código LDPC que tiene la longitud de código  $N$  de 16.200 o 64.800 bits y tiene la tasa de codificación distinta de  $3/5$  y además el método de modulación es 16QAM y el múltiplo  $b$  es 2.

10 Donde el código LDPC es un código LDPC que tiene la longitud de código  $N$  de 16.200 o 64.800 bits y tiene la tasa de codificación distinta de  $3/5$  y además el método de modulación es 16QAM y el múltiplo  $b$  es 2, el demultiplexor 25 lee los bits de código escritos en la memoria 31 para almacenar  $(N / (4 \times 2)) \times (4 \times 2)$  bits en la dirección de columna  $x$  la dirección de fila en una unidad de  $4 \times 2 (= mb)$  bits en la dirección de fila y suministra los bits de código leídos a la sección de sustitución 32.

15 La sección de sustitución 32 sustituye los  $4 \times 2 (= mb)$  bits de código  $b_0$  a  $b_7$  leídos de la memoria 31 de tal manera que los  $4 \times 2 (= mb)$  bits de código se asignan a los  $4 \times 2 (= mb)$  bits de símbolo  $y_0$  a  $y_7$  de dos  $(= b)$  símbolos sucesivos como se ve en la FIG. 93.

En particular, según la FIG. 93, la sección de sustitución 32 lleva a cabo una sustitución para asignar

el bit de código  $b_0$  al bit de símbolo  $y_7$ ,

el bit de código  $b_1$  al bit de símbolo  $y_1$ ,

el bit de código  $b_2$  al bit de símbolo  $y_4$ ,

20 el bit de código  $b_3$  al bit de símbolo  $y_2$ ,

el bit de código  $b_4$  al bit de símbolo  $y_5$ ,

el bit de código  $b_5$  al bit de símbolo  $y_3$ ,

el bit de código  $b_6$  al bit de símbolo  $y_6$ , y

el bit de código  $b_7$  al bit de símbolo  $y_0$ .

- 25 La FIG. 94 muestra un ejemplo de un patrón de asignación de bits que se puede adoptar donde el método de modulación es 64QAM y el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código  $N$  es 16.200 o 64.800 bits y cuya tasa de codificación es cualquiera distinta de  $3/5$  y además el múltiplo  $b$  es 2.

30 Donde el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código  $N$  es 16.200 o 64.800 bits y cuya tasa de codificación es cualquiera distinta de  $3/5$  y el método de modulación es 64QAM y además el múltiplo  $b$  es 2, en el demultiplexor 25, los bits de código escritos en la memoria 31 para almacenar  $(N / (6 \times 2)) \times (6 \times 2)$  bits en la dirección de columna  $x$  la dirección de fila se leen en una unidad de  $6 \times 2 (= mb)$  bits en la dirección de fila y se suministran a la sección de sustitución 32.

35 La sección de sustitución 32 sustituye los  $6 \times 2 (= mb)$  bits de código  $b_0$  a  $b_{11}$  leídos de la memoria 31 de manera que los  $6 \times 2 (= mb)$  bits de código  $b_0$  a  $b_{11}$  se pueden asignar a los  $6 \times 2 (= mb)$  bits de símbolo  $y_0$  a  $y_{11}$  de dos  $(= b)$  símbolos sucesivos como se ve en la FIG. 94.

En particular, según la FIG. 94, la sección de sustitución 32 lleva a cabo una sustitución para asignar

el bit de código  $b_0$  al bit de símbolo  $y_{11}$ ,

el bit de código  $b_1$  al bit de símbolo  $y_7$ ,

el bit de código  $b_2$  al bit de símbolo  $y_3$ ,

40 el bit de código  $b_3$  al bit de símbolo  $y_{10}$ ,

el bit de código  $b_4$  al bit de símbolo  $y_6$ ,

el bit de código  $b_5$  al bit de símbolo  $y_2$ ,

el bit de código  $b_6$  al bit de símbolo  $y_9$ ,

el bit de código  $b_7$  al bit de símbolo  $y_5$ ,

- el bit de código  $b_8$  al bit de símbolo  $y_1$ ,
- el bit de código  $b_9$  al bit de símbolo  $y_8$ ,
- el bit de código  $b_{10}$  al bit de símbolo  $y_4$ , y
- el bit de código  $b_{11}$  al bit de símbolo  $y_0$ .

5 La FIG. 95 muestra un ejemplo de un patrón de asignación de bits que se puede adoptar donde el método de modulación es 256QAM y el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código N es de 64.800 bits y cuya tasa de codificación es cualquiera distinta de 3/5 y además el múltiplo b es 2.

10 Donde el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código N es 64.800 bits y cuya tasa de codificación es cualquiera distinta de 3/5 y el método de modulación es 256QAM y además el múltiplo b es 2, en el demultiplexor 25, los bits de código escritos en la memoria 31 para almacenar  $(64.800 / (8 \times 2)) \times (8 \times 2)$  bits en la dirección de columna x la dirección de fila se leen en una unidad de  $8 \times 2$  (= mb) bits en la dirección de fila y se suministran a la sección de sustitución 32.

15 La sección de sustitución 32 sustituye los  $8 \times 2$  (= mb) bits de código  $b_0$  a  $b_{15}$  leídos de la memoria 31 de manera que los  $8 \times 2$  (= mb) bits de código  $b_0$  a  $b_{15}$  se pueden asignar a los  $8 \times 2$  (= mb) bits de símbolo  $y_0$  a  $y_{15}$  de dos (= b) símbolos sucesivos como se ve en la FIG. 95.

En particular, según la FIG. 95, la sección de sustitución 32 lleva a cabo una sustitución para asignar

- el bit de código  $b_0$  al bit de símbolo  $y_{15}$ ,
- el bit de código  $b_1$  al bit de símbolo  $y_1$ ,
- el bit de código  $b_2$  al bit de símbolo  $y_{13}$ ,
- 20 el bit de código  $b_3$  al bit de símbolo  $y_3$ ,
- el bit de código  $b_4$  al bit de símbolo  $y_8$ ,
- el bit de código  $b_5$  al bit de símbolo  $y_{11}$ ,
- el bit de código  $b_6$  al bit de símbolo  $y_9$ ,
- el bit de código  $b_7$  al bit de símbolo  $y_5$ ,
- 25 el bit de código  $b_8$  al bit de símbolo  $y_{10}$ ,
- el bit de código  $b_9$  al bit de símbolo  $y_6$ ,
- el bit de código  $b_{10}$  al bit de símbolo  $y_4$ ,
- el bit de código  $b_{11}$  al bit de símbolo  $y_7$ ,
- el bit de código  $b_{12}$  al bit de símbolo  $y_{12}$ ,
- 30 el bit de código  $b_{13}$  al bit de símbolo  $y_2$ ,
- el bit de código  $b_{14}$  al bit de símbolo  $y_{14}$ , y
- el bit de código  $b_{15}$  al bit de símbolo  $y_0$ .

35 La FIG. 96 muestra un ejemplo de un patrón de asignación de bits que se puede adoptar donde el método de modulación es 256QAM y el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código N es 16.200 bits y cuya tasa de codificación es cualquiera distinta de 3/5 y además el múltiplo b es 1.

40 Donde el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código N es 16.200 bits y cuya tasa de codificación es cualquiera distinta de 3/5 y el método de modulación es 256QAM y además el múltiplo b es 1, en el demultiplexor 25, los bits de código escritos en la memoria 31 para almacenar  $(16.200 / (8 \times 1)) \times (8 \times 1)$  bits en la dirección de columna x la dirección de fila se leen en una unidad de  $8 \times 1$  (= mb) bits en la dirección de fila y se suministran a la sección de sustitución 32.

La sección de sustitución 32 sustituye los  $8 \times 1$  (= mb) bits de código  $b_0$  a  $b_7$  leídos de la memoria 31 de manera que los  $8 \times 1$  (= mb) bits de código  $b_0$  a  $b_7$  se pueden asignar a los  $8 \times 1$  (= mb) bits de símbolo  $y_0$  a  $y_7$  de un (= b) símbolo como se ve en la FIG. 96.

En particular, según la FIG. 96, la sección de sustitución 32 lleva a cabo una sustitución para asignar

- el bit de código  $b_0$  al bit de símbolo  $y_7$ ,
- el bit de código  $b_1$  al bit de símbolo  $y_3$ ,
- el bit de código  $b_2$  al bit de símbolo  $y_1$ ,
- el bit de código  $b_3$  al bit de símbolo  $y_5$ ,
- 5 el bit de código  $b_4$  al bit de símbolo  $y_2$ ,
- el bit de código  $b_5$  al bit de símbolo  $y_6$ ,
- el bit de código  $b_6$  al bit de símbolo  $y_4$ , y
- el bit de código  $b_7$  al bit de símbolo  $y_0$ .

10 La FIG. 97 muestra un ejemplo de un patrón de asignación de bits que se puede adoptar donde el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código  $N$  es de 16.200 o 64.800 bits y cuya tasa de codificación es cualquiera distinta de  $3/5$  y además el método de modulación es QPSK y el múltiplo  $b$  es 1.

15 Donde el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código  $N$  es 16.200 o 64.800 bits y cuya tasa de codificación es cualquiera distinta de  $3/5$  y además el método de modulación es QPSK y el múltiplo  $b$  es 1, en el demultiplexor 25, los bits de código escritos en la memoria 31 para almacenar  $(N / (2 \times 1)) \times (2 \times 1)$  bits en la dirección de columna  $x$  la dirección de fila se leen en una unidad de  $2 \times 1$  ( $= mb$ ) bits en la dirección de fila y se suministran a la sección de sustitución 32.

La sección de sustitución 32 sustituye los  $2 \times 1$  ( $= mb$ ) bits de código  $b_0$  y  $b_1$  leídos de la memoria 31 de manera que los  $2 \times 1$  ( $= mb$ ) bits de código  $b_0$  y  $b_1$  se pueden asignar a los  $2 \times 1$  ( $= mb$ ) bits de símbolo  $y_0$  e  $y_1$  de un ( $= b$ ) símbolo como se ve en la FIG. 97.

20 En particular, según la FIG. 97, la sección de sustitución 32 lleva a cabo una sustitución para asignar

- el bit de código  $b_0$  al bit de símbolo  $y_0$ , y
- el bit de código  $b_1$  al bit de símbolo  $y_2$ .

Se ha de señalar que, en este caso, también es posible considerar que la sustitución no se lleva a cabo y los bits de código  $b_0$  y  $b_1$  se determinan como están como los bits de símbolo  $y_0$  e  $y_1$ , respectivamente.

25 La FIG. 98 muestra un ejemplo de un patrón de asignación de bits que se puede adoptar donde el código LDPC es un código LDPC cuya la longitud de código  $N$  es 64.800 bits y cuya tasa de codificación es  $3/5$  y además el método de modulación es 16QAM y el múltiplo  $b$  es 2.

30 Donde el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código  $N$  es 64.800 bits y cuya tasa de codificación es  $3/5$  y además el método de modulación es 16QAM y el múltiplo  $b$  es 2, en el demultiplexor 25, los bits de código escritos en la memoria 31 para almacenar  $(64.800 / (4 \times 2)) \times (4 \times 2)$  bits en la dirección de columna  $x$  la dirección de fila se leen en una unidad de  $4 \times 2$  ( $= mb$ ) bits en la dirección de fila y se suministran a la sección de sustitución 32.

La sección de sustitución 32 sustituye los  $4 \times 2$  ( $= mb$ ) bits de código  $b_0$  a  $b_7$  leídos de la memoria 31 de manera que los  $4 \times 2$  ( $= mb$ ) bits de código  $b_0$  a  $b_7$  se pueden asignar a los  $4 \times 2$  ( $= mb$ ) bits de símbolo  $y_0$  a  $y_7$  de dos ( $= b$ ) símbolos sucesivos como se ve en la FIG. 98.

35 En particular, según la FIG. 98, la sección de sustitución 32 lleva a cabo una sustitución para asignar

- el bit de código  $b_0$  al bit de símbolo  $y_0$ ,
- el bit de código  $b_1$  al bit de símbolo  $y_5$ ,
- el bit de código  $b_2$  al bit de símbolo  $y_1$ ,
- el bit de código  $b_3$  al bit de símbolo  $y_2$ ,
- 40 el bit de código  $b_4$  al bit de símbolo  $y_4$ ,
- el bit de código  $b_5$  al bit de símbolo  $y_7$ ,
- el bit de código  $b_6$  al bit de símbolo  $y_3$ , y
- el bit de código  $b_7$  al bit de símbolo  $y_6$ .

La FIG. 99 muestra un ejemplo de un patrón de asignación de bits que se puede adoptar donde el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código  $N$  es de 16.200 bits y cuya tasa de codificación es  $3/5$  y además el método de modulación es 16QAM y el múltiplo  $b$  es 2.

5 Donde el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código  $N$  es 16.200 bits y cuya tasa de codificación es  $3/5$  y además el método de modulación es 16QAM y el múltiplo  $b$  es 2, en el demultiplexor 25, los bits de código escritos en la memoria 31 para almacenar  $(16.200 / (4 \times 2)) \times (4 \times 2)$  bits en la dirección de columna x la dirección de fila se leen en una unidad de  $4 \times 2$  (= mb) bits en la dirección de fila y se suministran a la sección de sustitución 32.

10 La sección de sustitución 32 sustituye los  $4 \times 2$  (= mb) bits de código  $b_0$  a  $b_7$  leídos de la memoria 31 de manera que los  $4 \times 2$  (= mb) bits de código  $b_0$  a  $b_7$  se pueden asignar a los  $4 \times 2$  (= mb) bits de símbolo  $y_0$  a  $y_7$  de dos (= b) símbolos sucesivos como se ve en la FIG. 99.

En particular, según la FIG. 99, la sección de sustitución 32 lleva a cabo una sustitución para asignar

el bit de código  $b_0$  al bit de símbolo  $y_7$ ,

el bit de código  $b_1$  al bit de símbolo  $y_1$ ,

el bit de código  $b_2$  al bit de símbolo  $y_4$ ,

15 el bit de código  $b_3$  al bit de símbolo  $y_2$ ,

el bit de código  $b_4$  al bit de símbolo  $y_5$ ,

el bit de código  $b_5$  al bit de símbolo  $y_3$ ,

el bit de código  $b_6$  al bit de símbolo  $y_6$ , y

el bit de código  $b_7$  al bit de símbolo  $y_0$ .

20 La FIG. 100 muestra un ejemplo de un patrón de asignación de bits que se puede adoptar donde el método de modulación es 64QAM y el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código  $N$  es 64.800 bits y cuya tasa de codificación es  $3/5$  y además el múltiplo  $b$  es 2.

25 Donde el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código  $N$  es 64.800 bits y cuya tasa de codificación es  $3/5$  y el método de modulación es 64QAM y además el múltiplo  $b$  es 2, en el demultiplexor 25, los bits de código escritos en la memoria 31 para almacenar  $(64.800 / (6 \times 2)) \times (6 \times 2)$  bits en la dirección de columna x la dirección de fila se leen en una unidad de  $6 \times 2$  (= mb) bits en la dirección de fila y se suministran a la sección de sustitución 32.

La sección de sustitución 32 sustituye los  $6 \times 2$  (= mb) bits de código  $b_0$  a  $b_{11}$  leídos de la memoria 31 de manera que los  $6 \times 2$  (= mb) bits de código  $b_0$  a  $b_{11}$  se pueden asignar a los  $6 \times 2$  (= mb) bits de símbolo  $y_0$  a  $y_{11}$  de dos (= b) símbolos sucesivos como se ve en la FIG. 100.

30 En particular, según la FIG. 100, la sección de sustitución 32 lleva a cabo una sustitución para asignar

el bit de código  $b_0$  al bit de símbolo  $y_2$ ,

el bit de código  $b_1$  al bit de símbolo  $y_7$ ,

el bit de código  $b_2$  al bit de símbolo  $y_6$ ,

el bit de código  $b_3$  al bit de símbolo  $y_9$ ,

35 el bit de código  $b_4$  al bit de símbolo  $y_0$ ,

el bit de código  $b_5$  al bit de símbolo  $y_3$ ,

el bit de código  $b_6$  al bit de símbolo  $y_1$ ,

el bit de código  $b_7$  al bit de símbolo  $y_8$ ,

el bit de código  $b_8$  al bit de símbolo  $y_4$ ,

40 el bit de código  $b_9$  al bit de símbolo  $y_{11}$ ,

el bit de código  $b_{10}$  al bit de símbolo  $y_5$ , y

el bit de código  $b_{11}$  al bit de símbolo  $y_{10}$ .

La FIG. 101 muestra un ejemplo de un patrón de asignación de bits que se puede adoptar donde el método de modulación es 64QAM y el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código N es de 16.200 bits y cuya tasa de codificación es 3/5 y además el múltiplo b es 2.

5 Donde el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código N es 16.200 bits y cuya tasa de codificación es 3/5 y el método de modulación es 64QAM y además el múltiplo b es 2, en el demultiplexor 25, los bits de código escritos en la memoria 31 para almacenar  $(16.200 / (6 \times 2)) \times (6 \times 2)$  bits en la dirección de columna x la dirección de fila se leen en una unidad de  $6 \times 2 (= mb)$  bits en la dirección de fila y se suministran a la sección de sustitución 32.

10 La sección de sustitución 32 sustituye los  $6 \times 2 (= mb)$  bits de código  $b_0$  a  $b_{11}$  leídos de la memoria 31 de manera que los  $6 \times 2 (= mb)$  bits de código  $b_0$  a  $b_{11}$  se pueden asignar a los  $6 \times 2 (= mb)$  bits de símbolo  $y_0$  a  $y_{11}$  de dos ( $= b$ ) símbolos sucesivos como se ve en la FIG. 101.

En particular, según la FIG. 101, la sección de sustitución 32 lleva a cabo una sustitución para asignar

- el bit de código  $b_0$  al bit de símbolo  $y_{11}$ ,
- el bit de código  $b_1$  al bit de símbolo  $y_7$ ,
- el bit de código  $b_2$  al bit de símbolo  $y_3$ ,
- 15 el bit de código  $b_3$  al bit de símbolo  $y_{10}$ ,
- el bit de código  $b_4$  al bit de símbolo  $y_6$ ,
- el bit de código  $b_5$  al bit de símbolo  $y_2$ ,
- el bit de código  $b_6$  al bit de símbolo  $y_9$ ,
- el bit de código  $b_7$  al bit de símbolo  $y_5$ ,
- 20 el bit de código  $b_8$  al bit de símbolo  $y_1$ ,
- el bit de código  $b_9$  al bit de símbolo  $y_8$ ,
- el bit de código  $b_{10}$  al bit de símbolo  $y_4$ , y
- el bit de código  $b_{11}$  al bit de símbolo  $y_0$ .

25 La FIG. 102 muestra un ejemplo de un patrón de asignación de bits que se puede adoptar donde el método de modulación es 256QAM y el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código N es de 64.800 bits y cuya tasa de codificación es 3/5 y además el múltiplo b es 2.

30 Donde el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código N es 64.800 bits y cuya tasa de codificación es 3/5 y el método de modulación es 256QAM y además el múltiplo b es 2, en el demultiplexor 25, los bits de código escritos en la memoria 31 para almacenar  $(64.800 / (8 \times 2)) \times (8 \times 2)$  bits en la dirección de columna x la dirección de fila se leen en una unidad de  $8 \times 2 (= mb)$  bits en la dirección de fila y se suministran a la sección de sustitución 32.

La sección de sustitución 32 sustituye los  $8 \times 2 (= mb)$  bits de código  $b_0$  a  $b_{15}$  leídos de la memoria 31 de manera que los  $8 \times 2 (= mb)$  bits de código  $b_0$  a  $b_{15}$  se pueden asignar a los  $8 \times 2 (= mb)$  bits de símbolo  $y_0$  a  $y_{15}$  de dos ( $= b$ ) símbolos sucesivos como se ve en la FIG. 102.

En particular, según la FIG. 102, la sección de sustitución 32 lleva a cabo una sustitución para asignar

- 35 el bit de código  $b_0$  al bit de símbolo  $y_2$ ,
- el bit de código  $b_1$  al bit de símbolo  $y_{11}$ ,
- el bit de código  $b_2$  al bit de símbolo  $y_3$ ,
- el bit de código  $b_3$  al bit de símbolo  $y_4$ ,
- el bit de código  $b_4$  al bit de símbolo  $y_0$ ,
- 40 el bit de código  $b_5$  al bit de símbolo  $y_9$ ,
- el bit de código  $b_6$  al bit de símbolo  $y_1$ ,
- el bit de código  $b_7$  al bit de símbolo  $y_8$ ,
- el bit de código  $b_8$  al bit de símbolo  $y_{10}$ ,

el bit de código  $b_9$  al bit de símbolo  $y_{13}$ ,

el bit de código  $b_{10}$  al bit de símbolo  $y_7$ ,

el bit de código  $b_{11}$  al bit de símbolo  $y_{14}$ ,

el bit de código  $b_{12}$  al bit de símbolo  $y_6$ ,

5 el bit de código  $b_{13}$  al bit de símbolo  $y_{15}$ ,

el bit de código  $b_{14}$  al bit de símbolo  $y_5$ , y

el bit de código  $b_{15}$  al bit de símbolo  $y_{12}$ .

10 La FIG. 103 muestra un ejemplo de un patrón de asignación de bits que se puede adoptar donde el método de modulación es 256QAM y el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código  $N$  es 16.200 bits y cuya tasa de codificación es  $3/5$  y además el múltiplo  $b$  es 1.

Donde el código LDPC es un código LDPC cuya longitud de código  $N$  es 16.200 bits y cuya tasa de codificación es  $3/5$  y el método de modulación es 256QAM y además el múltiplo  $b$  es 1, en el demultiplexor 25, los bits de código escritos en la memoria 31 para almacenar  $(16.200 / (8 \times 1)) \times (8 \times 1)$  bits en la dirección de columna  $\times$  la dirección de fila se leen en una unidad de  $8 \times 1$  (=  $mb$ ) bits en la dirección de fila y se suministran a la sección de sustitución 32.

15 La sección de sustitución 32 sustituye los  $8 \times 1$  (=  $mb$ ) bits de código  $b_0$  a  $b_7$  leídos de la memoria 31 de manera que los  $8 \times 1$  (=  $mb$ ) bits de código  $b_0$  a  $b_7$  se pueden asignar a los  $8 \times 1$  (=  $mb$ ) bits de símbolo  $y_0$  a  $y_7$  de un (=  $b$ ) símbolo como se ve en la FIG. 103.

En particular, según la FIG. 103, la sección de sustitución 32 lleva a cabo una sustitución para asignar

el bit de código  $b_0$  al bit de símbolo  $y_7$ ,

20 el bit de código  $b_1$  al bit de símbolo  $y_3$ ,

el bit de código  $b_2$  al bit de símbolo  $y_1$ ,

el bit de código  $b_3$  al bit de símbolo  $y_5$ ,

el bit de código  $b_4$  al bit de símbolo  $y_2$ ,

el bit de código  $b_5$  al bit de símbolo  $y_6$ ,

25 el bit de código  $b_6$  al bit de símbolo  $y_4$ , y

el bit de código  $b_7$  al bit de símbolo  $y_0$ .

Ahora, se describe el desintercalador 53 que compone el aparato de recepción 12.

La FIG. 104 es una vista que ilustra el procesamiento del multiplexor 54 que compone el desintercalador 53.

En particular, A de la FIG. 104 muestra un ejemplo de una configuración funcional del multiplexor 54.

30 El multiplexor 54 se compone de una sección de sustitución inversa 1001 y una memoria 1002.

35 El multiplexor 54 determina los bits de símbolo de símbolos suministrados desde la sección de descorrespondencia 52 en la etapa anterior como un objeto de procesamiento de la misma y lleva a cabo un proceso de sustitución inversa que corresponde al proceso de sustitución llevado a cabo por el demultiplexor 25 del aparato de transmisión 11 (proceso inverso al proceso de sustitución), es decir, un proceso de sustitución inversa de devolución de las posiciones de los bits de código (bits de símbolo) del código LDPC sustituido por el proceso de sustitución. Entonces, el multiplexor 54 suministra un código LDPC obtenido como resultado del proceso de sustitución inversa al desintercalador de torsión de columna 55 en la etapa sucesiva.

En particular, en el multiplexor 54, se suministran  $mb$  bits de símbolo  $y_0, y_1, \dots, y_{mb-1}$  de  $b$  símbolos en una unidad de  $b$  símbolos (sucesivos) a la sección de sustitución inversa 1001.

40 La sección de sustitución inversa 1001 lleva a cabo una sustitución inversa de devolución de la disposición de los  $mb$  bits de símbolo  $y_0$  a  $y_{mb-1}$  a la disposición original de  $mb$  bits de código  $b_0, b_1, \dots, b_{mb-1}$  (se lleva a cabo una disposición de los bits de código  $b_0$  a  $b_{mb-1}$  antes de la sustitución por la sección de sustitución 32 que compone el demultiplexor 25 en el lado del aparato de transmisión 11). La sección de sustitución inversa 1001 emite bits de código  $b_0$  a  $b_{mb-1}$  obtenidos como resultado de sustitución inversa.

La memoria 1002 tiene una capacidad de almacenamiento de almacenamiento de mb bits en la dirección de fila (horizontal) y almacenamiento de N/ (mb) bits en la dirección de columna (vertical) de manera similar a la memoria 31 que compone el demultiplexor 25 del lado del aparato de transmisión 11. En otras palabras, la sección de sustitución inversa 1001 se configura de mb columnas cada una de las cuales almacena N/ (mb) bits.

5 No obstante, en la memoria 1002, se lleva a cabo la escritura de los bits de código de códigos LDPC emitidos desde la sección de sustitución inversa 1001 en una dirección en la que se lleva a cabo la lectura de los bits de código de la memoria 31 del demultiplexor 25 del aparato de transmisión 11, y se lleva a cabo la lectura de los bits de código escritos en la memoria 1002 en una dirección en la cual se lleva a cabo la escritura de los bits de código en la memoria 31.

10 En particular, el multiplexor 54 del aparato de recepción 12 lleva a cabo sucesivamente la escritura de bits de código de un código LDPC emitido desde la sección de sustitución inversa 1001 en una unidad de mb bits en la dirección de fila comenzando con la primera fila de la memoria 1002 hacia un punto más bajo como se ve en A de la FIG. 104.

Entonces, cuando termina la escritura de bits de código para una longitud de código, el multiplexor 54 lee los bits de código en la dirección de columna de la memoria 1002 y suministra los bits de código al desintercalador de torsión de columna 55 en la etapa sucesiva.

15

Aquí, B de la FIG. 104 es una vista que ilustra la lectura de los bits de código de la memoria 1002.

El multiplexor 54 lleva a cabo la lectura de bits de código de un código LDPC en una dirección hacia abajo (dirección de columna) desde arriba de una columna que compone la memoria 1002 comenzando con una columna de más a la izquierda hacia una columna del lado derecho.

20 Ahora, el procesamiento del desintercalador de torsión de columna 55 que compone el desintercalador 53 del aparato de recepción 12 se describe con referencia a la FIG. 105.

La FIG. 105 muestra un ejemplo de una configuración de la memoria 1002 del multiplexor 54.

La memoria 1002 tiene una capacidad de almacenamiento para almacenar mb bits en la dirección (vertical) de columna y almacena N/ (mb) bits en la dirección (horizontal) de fila y se compone de mb columnas.

25 El desintercalador de torsión de columna 55 escribe los bits de código de un código LDPC en la dirección de fila en la memoria 1002 y controla la posición en la que se inicia la lectura cuando los bits de código se leen en la dirección de columna para llevar a cabo desintercalado de torsión de columna.

En particular, el desintercalador de torsión de columna 55 lleva a cabo un proceso de reordenación inversa de cambio de manera adecuada de la posición de inicio de lectura en la que la lectura de los bits de código con respecto a cada una de una pluralidad de columnas ha de ser iniciada para devolver la disposición de los bits de código reordenados por el intercalado de torsión de columna a la disposición original.

30

Aquí, la FIG. 105 muestra un ejemplo de una configuración de la memoria 1002, donde el método de modulación es 16QAM y el múltiplo b es 1. Por consiguiente, el número de bits m de un símbolo es 4 bits, y la memoria 1002 incluye cuatro (= mb) columnas.

35 El desintercalador de torsión de columna 55 lleva a cabo (en lugar del multiplexor 54), la escritura de bits de código de un código LDPC emitido desde la sección de sustitución 1001 en la dirección de fila sucesivamente en la memoria 1002 comenzando con la primera fila hacia una fila de más abajo.

Entonces, si termina la escritura de bits de código para una longitud de código, entonces el desintercalador de torsión de columna 55 lleva a cabo la lectura de los bits de código en la dirección hacia abajo (dirección de columna) desde una parte superior de la memoria 1002 comenzando con una columna de más a la izquierda hacia una columna del lado derecho.

40

No obstante, el desintercalador de torsión de columna 55 lleva a cabo la lectura de los bits de código de la memoria 1002 determinando la posición de inicio de escritura tras la escritura de los bits de código por el intercalador de torsión de columna 24 en el lado del aparato de transmisión 11 a una posición de inicio de lectura de los bits de código.

45

En particular, si la dirección de la posición de la parte superior de cada columna se determina como 0 y la dirección de cada posición en la dirección de columna se representa por un número entero dado en un orden ascendente, entonces donde el método de modulación es 16QAM y el múltiplo b es 1, el desintercalador de torsión de columna 55 fija la posición de inicio de lectura para la columna de más a la izquierda a la posición cuya dirección es 0, fija la posición de inicio de lectura para la segunda columna (desde la izquierda) a la posición cuya dirección es 2, fija la posición de inicio de lectura para la tercera columna a la posición cuya dirección es 4, y fija la posición de inicio de lectura para la cuarta columna a la posición cuya dirección es 7.

50

Se ha de señalar que, con respecto a cada una de aquellas columnas cuya posición de inicio de lectura tiene una dirección distinta de 0, la lectura de los bits de código se lleva a cabo de manera que, después de que tal lectura se lleva a cabo hasta la posición más baja, la posición de lectura se devuelve a la parte superior (posición cuya dirección es 0) de la columna y la lectura se lleva a cabo hacia abajo a la posición inmediatamente anterior a la posición de inicio de lectura. Entonces, después de eso, la lectura se lleva a cabo desde la siguiente columna (derecha).

Llevando a cabo tal intercalado de torsión de columna como se ha descrito anteriormente, la disposición de los bits de código reorganizados por el intercalado de torsión de columna se devuelve a la disposición original.

La FIG. 106 es un diagrama de bloques que muestra otro ejemplo de la configuración del aparato de recepción 12.

Con referencia a la FIG. 106, el aparato de recepción 12 es un aparato de procesamiento de datos que recibe una señal de modulación desde el aparato de transmisión 11 e incluye una sección de demodulación ortogonal 51, una sección de descorrespondencia 52, un desintercalador 53 y una sección de decodificación LDPC 1021.

La sección de demodulación ortogonal 51 recibe una señal de modulación desde el aparato de transmisión 11, lleva a cabo la demodulación ortogonal y suministra los símbolos (valores en las direcciones de los ejes I y Q) obtenidos como resultado de la demodulación ortogonal a la sección de descorrespondencia 52.

La sección de descorrespondencia 52 lleva a cabo la descorrespondencia de conversión de los símbolos desde la sección de demodulación ortogonal 51 en bits de código de un código de LDPC y suministra los bits de código al desintercalador 53.

El desintercalador 53 incluye un multiplexor (MUX) 54, un desintercalador de torsión de columna 55 y un desintercalador de paridad 1011 y lleva a cabo el desintercalado de los bits de código del código de LDPC desde la sección de descorrespondencia 52.

En particular, el multiplexor 54 determina un código LDPC desde la sección de descorrespondencia 52 como un objeto de procesamiento de la misma y lleva a cabo un proceso de sustitución inversa que corresponde al proceso de sustitución llevado a cabo por el demultiplexor 25 del aparato de transmisión 11 (proceso inverso al proceso de sustitución), es decir, un proceso de sustitución inversa de devolución de las posiciones de los bits de código sustituidos por el proceso de sustitución a las posiciones originales. Entonces, el multiplexor 54 suministra un código LDPC obtenido como resultado del proceso de sustitución inversa al desintercalador de torsión de columna 55.

El desintercalador de torsión de columna 55 determina el código de LDPC desde el multiplexor 54 como un objeto de procesamiento y lleva a cabo el desintercalado de torsión de columna que corresponde al intercalado de torsión de la columna como un proceso de reordenación llevado a cabo por el intercalador de torsión de columna 24 del aparato de transmisión 11.

El código LDPC obtenido como resultado del desintercalado de torsión de columna se suministra desde el desintercalador de torsión de columna 55 al desintercalador de paridad 1011.

El desintercalador de paridad 1011 determina los bits de código después del desintercalado de torsión de columna por el desintercalador de torsión de columna 55 como un objeto de procesamiento del mismo y lleva a cabo el desintercalado de paridad que corresponde al intercalado de paridad llevado a cabo por el intercalador de paridad 23 del aparato de transmisión 11 (proceso inverso al intercalado de paridad), es decir, el desintercalado de paridad de devolución de la disposición de los bits de código del código LDPC cuya disposición se cambió por el intercalado de paridad a la disposición original.

El código LDPC obtenido como resultado del desintercalado de paridad se suministra desde el desintercalador de paridad 1011 a la sección de decodificación LDPC 1021.

Por consiguiente, en el aparato de recepción 12 de la FIG. 106, el código LDPC para el que se han llevado a cabo el proceso de sustitución inversa, el desintercalado de torsión de columna y el desintercalado de paridad, es decir, un código LDPC obtenido mediante codificación LDPC según la matriz de comprobación de paridad H, se suministra a la sección de decodificación LDPC 1021.

La sección de decodificación LDPC 1021 lleva a cabo la decodificación LDPC del código LDPC desde el desintercalador 53 usando la matriz de comprobación de paridad H en sí misma usada para codificación LDPC por la sección de codificación LDPC 21 del aparato de transmisión 11 o una matriz de comprobación de paridad de conversión obtenida llevando a cabo al menos conversión de columna que corresponde al intercalado de paridad para la matriz de comprobación de paridad H. Entonces, la sección de decodificación LDPC 1021 emite los datos obtenidos mediante la decodificación LDPC como resultado de la decodificación de los datos objeto.

Aquí, en el aparato de recepción 12 de la FIG. 106, dado que un código LDPC obtenido mediante codificación LDPC según la matriz de comprobación de paridad H se suministra desde el (desintercalador de paridad 1011 del) desintercalador 53 a la sección de decodificación LDPC 1021, donde la decodificación LDPC del código LDPC se

5 lleva a cabo usando la matriz de comprobación de paridad H en sí misma usada para la codificación LDPC por la sección de codificación LDPC 21 del aparato de transmisión 11, se puede configurar la sección de decodificación LDPC 1021, por ejemplo, desde un aparato de decodificación que lleva a cabo decodificación LDPC según un método de decodificación en serie completo en donde la operación matemática de mensajes (mensajes de nodo de comprobación y mensajes de nodo variable) se lleva a cabo para un nodo uno por uno u otro aparato de decodificación en donde la decodificación LDPC se lleva a cabo según un método de decodificación en paralelo completo en donde la operación matemática de los mensajes se lleva a cabo simultáneamente (en paralelo) para todos los nodos.

10 Además, donde la decodificación de LDPC de un código LDPC se lleva a cabo usando una matriz de comprobación de paridad de conversión obtenida llevando a cabo al menos la sustitución de columnas que corresponde al intercalado de paridad para la matriz de comprobación de paridad H usada en la codificación LDPC por la sección de codificación LDPC 21 del aparato de transmisión 11, la sección de decodificación LDPC 1021 se puede confirmar a partir de un aparato de decodificación de una arquitectura que lleva a cabo la operación matemática de nodo de comprobación y la operación matemática de nodo variable simultáneamente para P (o un testador de P distinto de 1) nodos de comprobación y P nodos variables y que tiene una sección de reordenación de datos de recepción 310 para llevar a cabo una sustitución de columnas similar a la sustitución de columnas para obtener una matriz de comprobación de paridad de conversión para el código LDPC para reordenar los bits de código de los códigos LDPC.

20 Se ha de señalar que, mientras que, en la FIG. 106, el multiplexor 54 para llevar a cabo el proceso de sustitución inversa, el desintercalador de torsión de columna 55 para llevar a cabo el desintercalado de torsión de columna y el desintercalador de paridad 1011 para llevar a cabo el desintercalado de paridad se configuran por separado unos de otros por la conveniencia de la descripción, dos o más del multiplexor 54, el desintercalador de torsión de columna 55 y el desintercalador de paridad 1011 se pueden configurar integralmente de manera similar al intercalador de paridad 23, al intercalador de torsión de columna 24 y al demultiplexor 25 del aparato de transmisión 11.

25 La FIG. 107 es un diagrama de bloques que muestra un primer ejemplo de una configuración de un sistema de recepción que se puede aplicar al aparato de recepción 12.

Con referencia a la FIG. 107, el sistema de recepción incluye una sección de adquisición 1101, una sección de procesamiento de decodificación de línea de transmisión 1102 y una sección de procesamiento de decodificación de fuente de información 1103.

30 La sección de adquisición de 1101 adquiere una señal que incluye un código de LDPC obtenido al menos mediante codificación LDPC de datos objeto tales como datos de imagen y datos de música de un programa a través de una línea de transmisión tal como, por ejemplo, difusión digital terrestre, difusión digital por satélite, una red de CATV, Internet o alguna otra red. Entonces, la sección de adquisición de 1101 suministra la señal adquirida a la sección de procesamiento de decodificación de línea de transmisión 1102.

35 Aquí, donde se emite la señal adquirida por la sección de adquisición 1101, por ejemplo, de una estación de difusión a través de ondas terrestres, ondas por satélite, una CATV (Televisión por Cable) o similares, la sección de adquisición 1101 se configura a partir de un sintonizador, un STB (Set Top Box (decodificador)) o similares. Por otra parte, donde la señal adquirida por la sección de adquisición 1101 se transmite en un estado de multidifusión como en la IPTV (Televisión de Protocolo de Internet), por ejemplo, desde un servidor web, la sección de adquisición 11 se configura a partir de una I/F (Interfaz) de red tal como, por ejemplo, una NIC (Tarjeta de Interfaz de Red).

40 La sección de procesamiento de decodificación de línea de transmisión 1102 lleva a cabo un proceso de decodificación de línea de transmisión que incluye al menos un proceso para corregir los errores producidos en la línea de transmisión para la señal adquirida a través de la línea de transmisión por la sección de adquisición 1101, y suministra una señal obtenida como resultado del proceso de decodificación de línea de transmisión a la sección de procesamiento de decodificación de fuente de información 1103.

45 En particular, la señal adquirida a través de la línea de transmisión por la sección de adquisición 1101 es una señal obtenida llevando a cabo al menos codificación de corrección de error para corregir los errores producidos en la línea de transmisión, y para tal señal como se acaba de describir, la sección de procesamiento de decodificación de línea de transmisión 1102 lleva a cabo un proceso de decodificación de línea de transmisión tal como, por ejemplo, un proceso de corrección de error.

Aquí, como la codificación de corrección de error, por ejemplo, están disponibles la codificación LDPC, la codificación Reed-Solomon, etc. Aquí, como la codificación de corrección de error, al menos se lleva a cabo la codificación LDPC.

55 Además, el proceso de decodificación de línea de transmisión incluye algunas veces la demodulación de una señal de modulación, etc.

La sección de procesamiento de decodificación de fuente de información 1103 lleva a cabo un proceso de decodificación de fuente de información que incluye al menos un proceso para descomprimir información

comprimida en información original para la señal para la que se ha llevado a cabo el proceso de decodificación de línea de transmisión.

5 En particular, la señal adquirida a través de la línea de transmisión por la sección de adquisición 1101 algunas veces se ha procesado mediante codificación de compresión para comprimir la información con el fin de reducir la cantidad de datos, tales como imágenes, sonido, etc. como información. En este caso, la sección de procesamiento de decodificación de fuente de información 1103 lleva a cabo un proceso de decodificación de fuente de información tal como un proceso (proceso de descompresión) para descomprimir la información comprimida en información original para una señal para la cual se ha llevado a cabo el proceso de decodificación de línea de transmisión.

10 Se ha de señalar que, donde la señal adquirida a través de la línea de transmisión por la sección de adquisición 1101 no se ha llevado a cabo codificación de compresión, la sección de procesamiento de decodificación de fuente de información 1103 no lleva a cabo el proceso de descompresión de la información comprimida en la información original.

15 Aquí, como el proceso de descompresión, por ejemplo, están disponibles una decodificación MPEG, etc. Además, el proceso de decodificación de línea de transmisión algunas veces incluye desaleatorización además del proceso de descompresión.

20 En el sistema de recepción configurado de tal manera como se ha descrito anteriormente, la sección de adquisición 1101 recibe una señal obtenida llevando a cabo codificación de compresión tal como codificación MPEG para datos de, por ejemplo, imágenes, sonido, etc. y además llevando a cabo codificación de corrección de error tal como codificación LDPC para los datos codificados por compresión a través de una línea de transmisión. La señal se suministra a la sección de procesamiento de decodificación de línea de transmisión 1102.

25 En la sección de procesamiento de decodificación de línea de transmisión 1102, procesos similares a los llevados a cabo, por ejemplo, por la sección de demodulación ortogonal 51, la sección de descorrespondencia 52, el desintercalador 53 y la sección de decodificación LDPC 56 (o sección de decodificación LDPC 1021) se llevan a cabo como el proceso de decodificación de línea de transmisión para la señal desde la sección de adquisición 1101. Entonces, una señal obtenida como resultado del proceso de decodificación de línea de transmisión se suministra a la sección de procesamiento de decodificación de fuente de información 1103.

30 En la sección de procesamiento de decodificación de fuente de información 1103, un proceso de decodificación de fuente de información tal como una decodificación MPEG se lleva a cabo para la señal desde la sección de procesamiento de decodificación de línea de transmisión 1102, y se emite una imagen o un sonido obtenido como resultado del proceso de decodificación de información.

Tal sistema de recepción de la FIG. 107 como se ha descrito anteriormente se puede aplicar, por ejemplo, a un sintonizador de televisión para recibir difusión de televisión como difusión digital, etc.

35 Se ha de señalar que es posible configurar la sección de adquisición 1101, la sección de procesamiento de decodificación de línea de transmisión 1102 y la sección de procesamiento de decodificación de fuente de información 1103 cada una como un aparato independiente (hardware (IC (Circuito Integrado) o similar) o un módulo de software).

40 Además, en cuanto a la sección de adquisición 1101, la sección de procesamiento de decodificación de línea de transmisión 1102 y la sección de procesamiento de decodificación de fuente de información 1103, un conjunto de la sección de adquisición 1101 y la sección de procesamiento de decodificación de línea de transmisión 1102, otro conjunto de la sección de procesamiento de decodificación de línea de transmisión 1102 y la sección de procesamiento de decodificación de fuente de información 1103 o un conjunto adicional de la sección de adquisición 1101, la sección de procesamiento de decodificación de línea de transmisión 1102 y la sección de procesamiento de decodificación de fuente de información 1103 se puede configurar como un único aparato independiente.

45 La FIG. 108 es un diagrama de bloques que muestra un segundo ejemplo de la configuración del sistema de recepción que se puede aplicar al aparato de recepción 12.

Se ha de señalar que, en la FIG. 108, elementos que corresponden a los de la FIG. 107 se denotan con números de referencia similares, y la descripción de ellos se omite de manera adecuada en la siguiente descripción.

50 El sistema de recepción de la FIG. 108 es común al de la FIG. 107 en que incluye una sección de adquisición 1101, una sección de procesamiento de decodificación de línea de transmisión 1102 y una sección de procesamiento de decodificación de fuente de información 1103 pero es diferente de la de la FIG. 107 en que incluye nuevamente una sección de salida 1111.

55 La sección de salida 1111 es, por ejemplo, un aparato de visualización para visualizar una imagen o un altavoz para emitir sonido y emite una imagen, un sonido de los similares como una señal emitida desde la sección de procesamiento de decodificación de fuente de información 1103. En otras palabras, la sección de salida 1111 muestra una imagen o emite un sonido.

Tal sistema de recepción de la FIG. 108 como se ha descrito anteriormente se puede aplicar, por ejemplo, a una TV (receptor de televisión) para recibir una difusión de televisión como una difusión digital, un receptor de radio para recibir una difusión de radio, etc.

5 Se ha de señalar que, donde la señal adquirida por la sección de adquisición 1101 no está en una forma en donde no se aplica codificación de compresión, una señal emitida desde la sección de procesamiento de decodificación de línea de transmisión 1102 se suministra a la sección de salida 1111.

La FIG. 109 es un diagrama de bloques que muestra un tercer ejemplo de la configuración del sistema de recepción que se puede aplicar al aparato de recepción 12.

10 Se ha de señalar que, en la FIG. 109, los elementos que corresponden a los de la FIG. 107 se denotan por números de referencia similares, y en la siguiente descripción, se omite de manera adecuada la descripción de ellos.

El sistema de recepción de la FIG. 109 es común al de la FIG. 107 en que incluye una sección de adquisición 1101 y una sección de procesamiento de decodificación de línea de transmisión 1102.

15 No obstante, el sistema de recepción de la FIG. 109 es diferente del de la FIG. 107 en que no incluye la sección de procesamiento de decodificación de fuente de información 1103 sino que incluye recientemente una sección de grabación 1121.

La sección de grabación 1121 graba (almacena) una señal (por ejemplo, un paquete TS de un TS de MPEG) emitido desde la sección de procesamiento de decodificación de línea de transmisión 1102 en o dentro de un medio de grabación (almacenamiento) tal como un disco óptico, un disco duro (disco magnético) o como un disco óptico, un disco duro (disco magnético) o una memoria rápida.

20 Tal sistema de recepción de la FIG. 109 como se ha descrito anteriormente se puede aplicar a un grabador para grabar una difusión de televisión o similar.

25 Se ha de señalar que, en la FIG. 109, el sistema de recepción puede incluir la sección de procesamiento de decodificación de fuente de información 1103 de manera que una señal después de que el proceso de decodificación de fuente de información se ha llevado a cabo por la sección de procesamiento de decodificación de fuente de información 1103, es decir, una imagen o un sonido obtenido decodificando, se graba por la sección de grabación 1121.

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato de procesamiento de datos (22) configurado para procesar un código de comprobación de paridad de baja densidad, LDPC, como se ha prescrito en el estándar DVB-S.2 ETSI EN 302 307 V1.1.2, dicho aparato de procesamiento de datos que comprende:

5 un almacén (31) configurado para almacenar bits de código del código LDPC en una dirección de fila y una dirección de columna,

una unidad de reordenación (24) configurada

10 para reordenar los bits de código del código LDPC, el código LDPC que se genera según una matriz de comprobación de paridad que comprende una matriz de información y una matriz de paridad, la matriz de información que corresponde a bits de información del código LDPC que tiene una estructura cíclica y la matriz de paridad que corresponde a los bits de paridad del código LDPC tiene una estructura de escalera, los bits de código LDPC que se transmiten como símbolos cada uno formado de m bits de código del código LDPC, donde m es igual a 4, 6, 8, 10 o 12,

15 para escribir en la dirección de columna en el almacén y leer en la dirección de fila desde dicho almacén, en donde el almacén almacena mb bits en la dirección de fila y almacena N/ (mb) bits en la dirección de columna, donde b es un número entero positivo y N es la longitud de código LDPC, el código LDPC que tiene una longitud de información de K bits, y

20 para intercalar con torsión de columna cambiando la posición de inicio de escritura de una columna cuando los bits de código del código LDPC han de ser escritos en la dirección de columna en dicho almacén como un proceso de reordenación para reordenar los bits de código del código LDPC, y

un intercalador de paridad (23) configurado para intercalar paridad el bit de código de orden  $K+qx+y+1$  de entre los bits de paridad que son bits de código de orden  $K+1$  a orden  $K+M$  del código LDPC a la posición del bit de código  $K+Py+x+1$ ,  $K + M = N$ , x que es un número entero mayor que 0 pero menor que P e y que es un número entero mayor que 0 pero menor que q, donde  $P = 360$  y  $q = M/360$ .

25 2. El aparato de procesamiento de datos (22) según la reivindicación 1, en donde el código LDPC es un código LDPC que tiene una longitud de código N de 64.800 bits, los m bits son 4 bits y el número entero b es 2, los cuatro bits de código del código LDPC se mapean a uno de 16 puntos de señal determinados en un método de modulación, y dicho almacén (31) tiene ocho columnas para almacenar  $4 \times 2$  bits en la dirección de fila y almacena  $64.800 / (4 \times 2)$  bits en la dirección de columna, y

30 dicha unidad de reordenación (24) está configurada para:

fijar, donde la dirección de la posición superior de dicho almacén en la dirección de columna se representa por 0 y la dirección de cada posición de dicho almacén en la dirección de columna se representa por un número entero dado en un orden ascendente,

35 la posición de inicio de escritura de la primera columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 0,

fijar la posición de inicio de escritura de la segunda columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 0,

fijar la posición de inicio de escritura de la tercera columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 2,

40 fijar la posición de inicio de escritura de la cuarta columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 4,

fijar la posición de inicio de escritura de la quinta columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 4,

45 fijar la posición de inicio de escritura de la sexta columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 5,

fijar la posición de inicio de escritura de la séptima columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 7, y

fijar la posición de inicio de escritura de la octava columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 7.

3. El aparato de procesamiento de datos (22) según la reivindicación 1, en donde el código LDPC es un código LDPC que tiene una longitud de código N de 64.800 bits, los m bits son 6 bits y el número entero b es 2, seis bits de código del código LDPC se mapean a uno de los 64 puntos de señal determinados en un método de modulación, y dicho almacén (31) tiene 12 columnas para almacenar 6 x 2 bits en la dirección de fila y almacena 64.800/ (6 x 2) bits en la dirección de columna, y

dicha unidad de reordenación (24) está configurada para:

fijar, donde la dirección de la posición superior de dicho almacén en la dirección de columna se representa por 0 y la dirección de cada posición de dicho almacén en la dirección de columna se representa por un número entero dado en un orden ascendente,

10 la posición de inicio de escritura de la primera columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 0,

fijar la posición de inicio de escritura de la segunda columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 0,

15 fijar la posición de inicio de escritura de la tercera columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 2,

fijar la posición de inicio de escritura de la cuarta columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 2,

fijar la posición de inicio de escritura de la quinta columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 3,

20 fijar la posición de inicio de escritura de la sexta columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 4,

fijar la posición de inicio de escritura de la séptima columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 4,

25 fijar la posición de inicio de escritura de la octava columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 5,

fijar la posición de inicio de escritura de la novena columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 5,

fijar la posición de inicio de escritura de la décima columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 7,

30 fijar la posición de inicio de escritura de la undécima columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 8, y

fijar la posición de inicio de escritura de la duodécima columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 9.

4. El aparato de procesamiento de datos (22) según la reivindicación 1, en donde el código LDPC es un código LDPC que tiene una longitud de código N de 64.800 bits, los m bits son 8 bits y el número entero b es 2, ocho bits de código del código LDPC se mapean a uno de 256 puntos de señal determinados en un método de modulación, y dicho almacén (31) tiene 16 columnas para almacenar 8 x 2 bits en la dirección de fila y almacena 64.800/ (8 x 2) bits en la dirección de columna,

dicha unidad de reordenación (24) está configurada para:

40 fijar, donde la dirección de la posición superior de dicho almacén en la dirección de columna se representa por 0 y la dirección de cada posición de dicho almacén en la dirección de columna se representa por un número entero dado en un orden ascendente,

la posición de inicio de escritura de la primera columna de entre las 16 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 0, y

45 fijar la posición de inicio de escritura de la segunda columna de entre las 16 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 2,

fijar la posición de inicio de escritura de la tercera columna de entre las 16 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 2,

fijar la posición de inicio de escritura de la cuarta columna de entre las 16 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 2,

fijar la posición de inicio de escritura de la quinta columna de entre las 16 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 2,

5 fijar la posición de inicio de escritura de la sexta columna de entre las 16 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 3,

fijar la posición de inicio de escritura de la séptima columna de entre las 16 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 7,

10 fijar la posición de inicio de escritura de la octava columna de entre las 16 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 15,

fijar la posición de inicio de escritura de la novena columna de entre las 16 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 16,

fijar la posición de inicio de escritura de la décima columna de entre las 16 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 20,

15 fijar la posición de inicio de escritura de la undécima columna de entre las 16 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 22,

fijar la posición de inicio de escritura de la duodécima columna de entre las 16 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 22,

20 fijar la posición de inicio de escritura de la decimotercera columna de entre las 16 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 27,

fijar la posición de inicio de escritura de la decimocuarta columna de entre las 16 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 27,

fijar la posición de inicio de escritura de la decimoquinta columna de entre las 16 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 28, y

25 fijar la posición de inicio de escritura de la decimosexta columna de entre las 16 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 32.

5. El aparato de procesamiento de datos (22) según la reivindicación 1, en donde el código LDPC es un código LDPC que tiene una longitud de código N de 64.800 bits, los m bits son 10 bits y el número entero b es 2, 10 bits de código del código LDPC se mapean a uno de 1024 puntos de señal determinados en un método de modulación, y dicho almacén (31) tiene 20 columnas para almacenar 10 x 2 bits en la dirección de fila y almacena 64.800/ (10 x 2) bits en la dirección de columna,

30

dicha unidad de reordenación (24) está configurada para:

fijar, donde la dirección de la posición superior de dicho almacén en la dirección de columna se representa por 0 y la dirección de cada posición de dicho almacén en la dirección de columna se representa por un número entero dado en un orden ascendente,

35

la posición de inicio de escritura de la primera columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 0, y

fijar la posición de inicio de escritura de la segunda columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 1,

40 fijar la posición de inicio de escritura de la tercera columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 3,

fijar la posición de inicio de escritura de la cuarta columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 4,

45 fijar la posición de inicio de escritura de la quinta columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 5,

fijar la posición de inicio de escritura de la sexta columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 6,

- fijar la posición de inicio de escritura de la séptima columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 6,
- fijar la posición de inicio de escritura de la octava columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 9,
- 5 fijar la posición de inicio de escritura de la novena columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 13,
- fijar la posición de inicio de escritura de la décima columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 14,
- 10 fijar la posición de inicio de escritura de la undécima columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 14,
- fijar la posición de inicio de escritura de la duodécima columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 16,
- fijar la posición de inicio de escritura de la decimotercera columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 21,
- 15 fijar la posición de inicio de escritura de la decimocuarta columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 21,
- fijar la posición de inicio de escritura de la decimoquinta columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 23,
- 20 fijar la posición de inicio de escritura de la decimosexta columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 25,
- fijar la posición de inicio de escritura de la decimoséptima columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 25,
- fijar la posición de inicio de escritura de la decimooctava columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 26,
- 25 fijar la posición de inicio de escritura de la decimonovena columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 28, y
- fijar la posición de inicio de escritura de la vigésima columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 30.
- 30 6. El aparato de procesamiento de datos (22) según la reivindicación 1, en donde el código LDPC es un código LDPC que tiene una longitud de código N de 64.800 bits, los m bits son 12 bits y el número entero b es 1, 12 bits de código del código LDPC se mapean a uno de 4096 puntos de señal determinados en un método de modulación, y dicho almacén (31) tiene 12 columnas para almacenar 12 x 1 bits en la dirección de fila y almacena 64.800/ (12 x 1) bits en la dirección de columna,
- dicha unidad de reordenación (24) está configurada para:
- 35 fijar, donde la dirección de la posición superior de dicho almacén en la dirección de columna se representa por 0 y la dirección de cada posición de dicho almacén en la dirección de columna se representa por un número entero dado en un orden ascendente,
- la posición de inicio de escritura de la primera columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 0, y
- 40 fijar la posición de inicio de escritura de la segunda columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 0,
- fijar la posición de inicio de escritura de la tercera columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 2,
- 45 fijar la posición de inicio de escritura de la cuarta columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 2,
- fijar la posición de inicio de escritura de la quinta columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 3,

- fijar la posición de inicio de escritura de la sexta columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 4,
- fijar la posición de inicio de escritura de la séptima columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 4,
- 5 fijar la posición de inicio de escritura de la octava columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 5,
- fijar la posición de inicio de escritura de la novena columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 5,
- 10 fijar la posición de inicio de escritura de la décima columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 7,
- fijar la posición de inicio de escritura de la undécima columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 8, y
- fijar la posición de inicio de escritura de la duodécima columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 9.
- 15 7. El aparato de procesamiento de datos (22) según la reivindicación 1, en donde el código LDPC es un código LDPC que tiene una longitud de código N de 16.200 bits, los m bits son 4 bits y el número entero b es 2, cuatro bits de código del código LDPC se mapean a uno de 16 puntos de señal determinados en un método de modulación, y dicho almacén (31) tiene ocho columnas para almacenar 4 x 2 bits en la dirección de fila y almacena 16.200/ (4 x 2) bits en la dirección de columna,
- 20 dicha unidad de reordenación (24) está configurada para:
- fijar, donde la dirección de la posición superior de dicho almacén en la dirección de columna se representa por 0 y la dirección de cada posición de dicho almacén en la dirección de columna se representa por un número entero dado en un orden ascendente,
- 25 la posición de inicio de escritura de la primera columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 0, y
- fijar la posición de inicio de escritura de la segunda columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 0,
- fijar la posición de inicio de escritura de la tercera columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 0,
- 30 fijar la posición de inicio de escritura de la cuarta columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 1,
- fijar la posición de inicio de escritura de la quinta columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 7,
- 35 fijar la posición de inicio de escritura de la sexta columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 20,
- fijar la posición de inicio de escritura de la séptima columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 20, y
- fijar la posición de inicio de escritura de la octava columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 21.
- 40 8. El aparato de procesamiento de datos (22) según la reivindicación 1, en donde el código LDPC es un código LDPC que tiene una longitud de código N de 16.200 bits, los m bits son 6 bits y el número entero b es 2, seis bits de código del código LDPC se mapean a uno de 64 puntos de señal determinados en un método de modulación, y dicho almacén (31) tiene 12 columnas para almacenar 6 x 2 bits en la dirección de fila y almacena 16.200/ (6 x 2) bits en la dirección de columna,
- 45 dicha unidad de reordenación (24) está configurada para:
- fijar, donde la dirección de la posición superior de dicho almacén en la dirección de columna se representa por 0 y la dirección de cada posición de dicho almacén en la dirección de columna se representa por un número entero dado en un orden ascendente,

- la posición de inicio de escritura de la primera columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 0, y
- fijar la posición de inicio de escritura de la segunda columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 0,
- 5 fijar la posición de inicio de escritura de la tercera columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 0,
- fijar la posición de inicio de escritura de la cuarta columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 2,
- 10 fijar la posición de inicio de escritura de la quinta columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 2,
- fijar la posición de inicio de escritura de la sexta columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 2,
- 15 fijar la posición de inicio de escritura de la séptima columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 3,
- fijar la posición de inicio de escritura de la octava columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 3,
- fijar la posición de inicio de escritura de la novena columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 3,
- 20 fijar la posición de inicio de escritura de la décima columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 6,
- fijar la posición de inicio de escritura de la undécima columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 7, y
- fijar la posición de inicio de escritura de la duodécima columna de entre las 12 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 7.
- 25 9. El aparato de procesamiento de datos (22) según la reivindicación 1, en donde el código LDPC es un código LDPC que tiene una longitud de código N de 16.200 bits, los m bits son ocho bits y el número entero b es 1, ocho bits de código del código LDPC se mapean a uno de 256 puntos de señal determinados en un método de modulación, y dicho almacén (31) tiene 8 columnas para almacenar 8 x 1 bits en la dirección de fila y almacena 16.200/ (8 x 1) bits en la dirección de columna,
- 30 dicha unidad de reordenación (24) está configurada para:
- fijar, donde la dirección de la posición superior de dicho almacén en la dirección de columna se representa por 0 y la dirección de cada posición de dicho almacén en la dirección de columna se representa por un número entero dado en un orden ascendente,
- 35 la posición de inicio de escritura de la primera columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 0, y
- fijar la posición de inicio de escritura de la segunda columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 0,
- fijar la posición de inicio de escritura de la tercera columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 0,
- 40 fijar la posición de inicio de escritura de la cuarta columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 1,
- fijar la posición de inicio de escritura de la quinta columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 7,
- 45 fijar la posición de inicio de escritura de la sexta columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 20,
- fijar la posición de inicio de escritura de la séptima columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 20, y

fijar la posición de inicio de escritura de la octava columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 21.

5 10. El aparato de procesamiento de datos (22) según la reivindicación 1, en donde el código LDPC es un código LDPC que tiene una longitud de código N de 16.200 bits, los m bits son 10 bits y el número entero b es 2, 10 bits de código del código LDPC se mapean a uno de 1024 puntos de señal determinados en un método de modulación, y dicho almacén (31) tiene 20 columnas para almacenar 10 x 2 bits en la dirección de fila y almacena 16.200/ (10 x 2) bits en la dirección de columna,

dicha unidad de reordenación (24) está configurada para:

10 fijar, donde la dirección de la posición superior de dicho almacén en la dirección de columna se representa por 0 y la dirección de cada posición de dicho almacén en la dirección de columna se representa por un número entero dado en un orden ascendente,

la posición de inicio de escritura de la primera columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 0, y

15 fijar la posición de inicio de escritura de la segunda columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 0,

fijar la posición de inicio de escritura de la tercera columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 0,

fijar la posición de inicio de escritura de la cuarta columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 2,

20 fijar la posición de inicio de escritura de la quinta columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 2,

fijar la posición de inicio de escritura de la sexta columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 2,

25 fijar la posición de inicio de escritura de la séptima columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 2,

fijar la posición de inicio de escritura de la octava columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 2,

fijar la posición de inicio de escritura de la novena columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 5,

30 fijar la posición de inicio de escritura de la décima columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 5,

fijar la posición de inicio de escritura de la undécima columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 5,

35 fijar la posición de inicio de escritura de la duodécima columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 5,

fijar la posición de inicio de escritura de la decimotercera columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 5,

fijar la posición de inicio de escritura de la decimocuarta columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 7,

40 fijar la posición de inicio de escritura de la decimoquinta columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 7,

fijar la posición de inicio de escritura de la decimosexta columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 7,

45 fijar la posición de inicio de escritura de la decimoséptima columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 7,

fijar la posición de inicio de escritura de la decimoctava columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 8,

fijar la posición de inicio de escritura de la decimonovena columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 8, y

fijar la posición de inicio de escritura de la vigésima columna de entre las 20 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 10.

5 11. El aparato de procesamiento de datos (22) según la reivindicación 1, en donde el código LDPC es un código LDPC que tiene una longitud de código N de 16.200 bits, los m bits son 12 bits y el número entero b es 2, 12 bits de código del código LDPC se mapean a uno de 4096 puntos de señal determinados en un método de modulación, y dicho almacén (31) tiene 24 columnas para almacenar 12 x 2 bits en la dirección de fila y almacena 16.200/ (12 x 2) bits en la dirección de columna,

10 dicha unidad de reordenación (24) está configurada para:

fijar, donde la dirección de la posición superior de dicho almacén en la dirección de columna se representa por 0 y la dirección de cada posición de dicho almacén en la dirección de columna se representa por un número entero dado en un orden ascendente,

15 la posición de inicio de escritura de la primera columna de entre las 24 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 0, y

fijar la posición de inicio de escritura de la segunda columna de entre las 24 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 0,

fijar la posición de inicio de escritura de la tercera columna de entre las 24 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 0,

20 fijar la posición de inicio de escritura de la cuarta columna de entre las 24 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 0,

fijar la posición de inicio de escritura de la quinta columna de entre las 24 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 0,

25 fijar la posición de inicio de escritura de la sexta columna de entre las 24 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 0,

fijar la posición de inicio de escritura de la séptima columna de entre las 24 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 0,

fijar la posición de inicio de escritura de la octava columna de entre las 24 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 1,

30 fijar la posición de inicio de escritura de la novena columna de entre las 24 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 1,

fijar la posición de inicio de escritura de la décima columna de entre las 24 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 1,

35 fijar la posición de inicio de escritura de la undécima columna de entre las 24 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 2,

fijar la posición de inicio de escritura de la duodécima columna de entre las 24 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 2,

fijar la posición de inicio de escritura de la decimotercera columna de entre las 24 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 2,

40 fijar la posición de inicio de escritura de la decimocuarta columna de entre las 24 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 3,

fijar la posición de inicio de escritura de la decimoquinta columna de entre las 24 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 7,

45 fijar la posición de inicio de escritura de la decimosexta columna de entre las 24 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 9,

fijar la posición de inicio de escritura de la decimoséptima columna de entre las 24 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 9,

- fijar la posición de inicio de escritura de la decimotava columna de entre las 24 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 9,
- fijar la posición de inicio de escritura de la decimonovena columna de entre las 24 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 10,
- 5 fijar la posición de inicio de escritura de la vigésima columna de entre las 24 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 10,
- fijar la posición de inicio de escritura de la vigesimoprimera columna de entre las 24 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 10,
- 10 fijar la posición de inicio de escritura de la vigesimosegunda columna de entre las 24 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 10,
- fijar la posición de inicio de escritura de la vigesimotercera columna de entre las 24 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 10, y
- fijar la posición de inicio de escritura de la vigesimocuarta columna de entre las 24 columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 11.
- 15 12. Un método de procesamiento de un código de comprobación de paridad de baja densidad, LDPC, como se ha prescrito en el estándar DVB-S.2 ETSI EN 302 307 V1.1.2, dicho método datos que comprende:
- almacenar bits de código del código LDPC en una dirección de fila y una dirección de columna, en un almacén,
- reordenar los bits de código del código LDPC, el código LDPC que se genera según una matriz de comprobación de paridad que comprende una matriz de información y una matriz de paridad, la matriz de información que
- 20 corresponde a bits de información del código LDPC que tiene una estructura cíclica y la matriz de paridad que corresponde a los bits de paridad del código LDPC tiene una estructura de escalera, los bits de código LDPC que se transmiten como símbolos cada uno formado de m bits de código del código LDPC, donde m es igual a 4, 6, 8, 10 o 12,
- escribir en la dirección de columna en el almacén y leer en la dirección de fila desde dicho almacén, en donde el
- 25 almacén almacena mb bits en la dirección de fila y almacena  $N/(mb)$  bits en la dirección de columna, donde b es un número entero positivo y N es la longitud de código LDPC, el código LDPC que tiene una longitud de información de K bits, e
- intercalar con torsión de columna cambiando la posición de inicio de escritura de una dirección de columna cuando los bits de código del código LDPC han de ser escritos en la dirección de columna en dicho almacén
- 30 como un proceso de reordenación para reordenar los bits de código del código LDPC, e
- intercalar con paridad el bit de código de orden  $K+qx+y+1$  de entre los bits de paridad que son bits de código de orden K+1 a orden K+M del código LDPC a la posición del bit de código de orden  $K+Py+x+1$ ,  $K + M = N$ , x que es un número entero mayor que 0 pero menor que P e y que es un número entero mayor que 0 pero menor que q, donde  $P = 360$  y  $q = M/360$ .
- 35 13. Un programa de ordenador que incluye un código ejecutable por ordenador que cuando se carga en un ordenador realiza el método según la reivindicación 12.
14. Un aparato de decodificación configurado para decodificar un código de comprobación de paridad de baja densidad, LDPC, como se ha prescrito en el estándar DVB-S.2 ETSI EN 302 307 V1.1.2, el código LDPC que tiene una longitud de información de K bits que se generan según una matriz de comprobación de paridad que comprende
- 40 una matriz de información y una matriz de paridad, la matriz de información que corresponde a bits de información del código LDPC que tiene una estructura cíclica y la matriz de paridad que corresponde a los bits de paridad del código LDPC que tiene una estructura de escalera, los bits de código LDPC que se han transmitido como símbolos cada uno formado de m bits de código del código LDPC, donde m es igual a 4, 6, 8, 10 o 12, el aparato de decodificación que comprende
- 45 un almacén (1002) configurado para almacenar los bits de código del código LDPC en una dirección de fila y una dirección de columna, el almacén almacena mb bits en la dirección de fila y almacena  $N/(mb)$  bits en la dirección de columna, donde b es un número entero positivo y N es la longitud de código LDPC,
- una unidad de reordenación inversa (53) configurada para realizar un desintercalado de torsión de columna escribiendo los bits de código en la dirección de fila en el almacén y leyendo los bits de código en la dirección de
- 50 columna, en donde la posición de inicio de lectura de una columna se cambia cuando los bits de código se leen desde la columna, y

- una unidad de decodificación (1021) configurada para decodificar el código LDPC usando una matriz de comprobación de paridad de conversión obtenida llevando a cabo una sustitución de columnas para la matriz de comprobación de paridad que corresponde a un intercalado de paridad, en donde el intercalado de paridad intercala el bit de código de orden  $K+qx+y+1$  de entre los bits de paridad que son bits de código de orden  $K+1$  a orden  $K+M$  del código LDPC a la posición del bit de código de orden  $K+Py+x+1$ ,  $K + M = N$ ,  $x$  que es un número entero mayor que 0 pero menor que  $P$  e  $y$  que es un número entero mayor que 0 pero menor que  $q$ , donde  $P = 360$  y  $q = M/360$ .
- 5
15. El aparato de decodificación según la reivindicación 14, en donde el código LDPC es un código LDPC que tiene una longitud de código  $N$  de 64.800 bits, los  $m$  bits son 4 bits y el número entero  $b$  es 2, cuatro bits de código del código LDPC se mapean a uno de 16 puntos de señal determinados en un método de modulación, y almacenados como 8 columnas de  $4 \times 2$  bits en la dirección de fila y  $64.800 / (4 \times 2)$  bits en la dirección de columna, y la unidad de reordenación inversa (53) está configurada para realizar desintercalado de torsión de columna
- 10
- fijando, donde la dirección de la posición superior de dicho almacén en la dirección de columna se representa por 0 y la dirección de cada posición de dicho almacén en la dirección de columna se representa por un número entero dado en un orden ascendente,
- 15
- la posición de inicio de lectura de la primera columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 0,
- fijando la posición de inicio de lectura de la segunda columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 0,
- 20
- fijando la posición de inicio de lectura de la tercera columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 2,
- fijando la posición de inicio de lectura de la cuarta columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 4,
- 25
- fijando la posición de inicio de lectura de la quinta columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 4,
- fijando la posición de inicio de lectura de la sexta columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 5,
- fijando la posición de inicio de lectura de la séptima columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 7, y
- 30
- fijando la posición de inicio de lectura de la octava columna de entre las ocho columnas de dicho almacén a la posición cuya dirección es 7.
16. El aparato de decodificación según la reivindicación 14, en donde el código LDPC es un código LDPC que tiene una longitud de código  $N$  de 64.800 bits, los  $m$  bits son 6 bits y el número entero  $b$  es 2, seis bits de código del código LDPC que se mapean a uno de los 64 puntos de señal determinados en un método de modulación, y almacenados como 12 columnas de  $6 \times 2$  bits en la dirección de fila y  $64.800 / (6 \times 2)$  bits en la dirección de columna, y la unidad de reordenación inversa (53) está configurada para realizar desintercalado de torsión de columna
- 35
- fijando, donde la dirección de la posición superior del almacén en la dirección de columna se representa por 0 y la dirección de cada posición del almacén en la dirección de columna se representa por un número entero dado en un orden ascendente,
- 40
- la posición de inicio de lectura de la primera columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 0,
- fijando la posición de inicio de lectura de la segunda columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 0,
- 45
- fijando la posición de inicio de lectura de la tercera columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 2,
- fijando la posición de inicio de lectura de la cuarta columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 2,
- fijando la posición de inicio de lectura de la quinta columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 3,
- 50
- fijando la posición de inicio de lectura de la sexta columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 4,

- fijando la posición de inicio de lectura de la séptima columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 4,
- fijando la posición de inicio de lectura de la octava columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 5,
- 5 fijando la posición de inicio de lectura de la novena columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 5,
- fijando la posición de inicio de lectura de la décima columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 7,
- 10 fijando la posición de inicio de lectura de la undécima columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 8, y
- fijando la posición de inicio de lectura de la duodécima columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 9.
17. El aparato de decodificación según la reivindicación 14, en donde el código LDPC es un código LDPC que tiene una longitud de código N de 64.800 bits, los m bits son 8 bits y el número entero b es 2, ocho bits de código del código LDPC que se mapean a uno de los 256 puntos de señal determinados en un método de modulación, y almacenados como 16 columnas de 8 x 2 bits en la dirección de fila y 64.800/ (8 x 2) bits en la dirección de columna, y la unidad de reordenación inversa (53) está configurada para realizar desintercalado de torsión de columna
- 15 fijando, donde la dirección de la posición superior del almacén en la dirección de columna se representa por 0 y la dirección de cada posición del almacén en la dirección de columna se representa por un número entero dado en un orden ascendente,
- 20 la posición de inicio de lectura de la primera columna de entre las 16 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 0, y
- fijando la posición de inicio de lectura de la segunda columna de entre las 16 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 2,
- 25 fijando la posición de inicio de lectura de la tercera columna de entre las 16 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 2,
- fijando la posición de inicio de lectura de la cuarta columna de entre las 16 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 2,
- 30 fijando la posición de inicio de lectura de la quinta columna de entre las 16 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 2,
- fijando la posición de inicio de lectura de la sexta columna de entre las 16 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 3,
- fijando la posición de inicio de lectura de la séptima columna de entre las 16 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 7,
- 35 fijando la posición de inicio de lectura de la octava columna de entre las 16 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 15,
- fijando la posición de inicio de lectura de la novena columna de entre las 16 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 16,
- 40 fijando la posición de inicio de lectura de la décima columna de entre las 16 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 20,
- fijando la posición de inicio de lectura de la undécima columna de entre las 16 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 22,
- fijando la posición de inicio de lectura de la duodécima columna de entre las 16 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 22,
- 45 fijando la posición de inicio de lectura de la decimotercera columna de entre las 16 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 27,
- fijando la posición de inicio de lectura de la decimocuarta columna de entre las 16 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 27,

fijando la posición de inicio de lectura de la decimoquinta columna de entre las 16 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 28, y

fijando la posición de inicio de lectura de la decimosexta columna de entre las 16 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 32.

5 18. El aparato de decodificación según la reivindicación 14, en donde el código LDPC es un código LDPC que tiene una longitud de código N de 64.800 bits, los m bits son 10 bits y el número entero b es 2, 10 bits de código del código LDPC que se mapean a uno de los 1024 puntos de señal determinados en un método de modulación, y almacenados como 20 columnas de 10 x 2 bits en la dirección de fila y 64.800/ (10 x 2) bits en la dirección de columna, y la unidad de reordenación inversa (53) está configurada para realizar desintercalado de torsión de columna

10 fijando, donde la dirección de la posición superior del almacén en la dirección de columna se representa por 0 y la dirección de cada posición del almacén en la dirección de columna se representa por un número entero dado en un orden ascendente,

15 la posición de inicio de lectura de la primera columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 0, y

fijando la posición de inicio de lectura de la segunda columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 1,

fijando la posición de inicio de lectura de la tercera columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 3,

20 fijando la posición de inicio de lectura de la cuarta columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 4,

fijando la posición de inicio de lectura de la quinta columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 5,

25 fijando la posición de inicio de lectura de la sexta columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 6,

fijando la posición de inicio de lectura de la séptima columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 6,

fijando la posición de inicio de lectura de la octava columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 9,

30 fijando la posición de inicio de lectura de la novena columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 13,

fijando la posición de inicio de lectura de la décima columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 14,

35 fijando la posición de inicio de lectura de la undécima columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 14,

fijando la posición de inicio de lectura de la duodécima columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 16,

fijando la posición de inicio de lectura de la decimotercera columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 21,

40 fijando la posición de inicio de lectura de la decimocuarta columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 21,

fijando la posición de inicio de lectura de la decimoquinta columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 23,

45 fijando la posición de inicio de lectura de la decimosexta columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 25,

fijando la posición de inicio de lectura de la decimoséptima columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 25,

fijando la posición de inicio de lectura de la decimoctava columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 26,

fijando la posición de inicio de lectura de la decimonovena columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 28, y

fijando la posición de inicio de lectura de la vigésima columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 30.

5 19. El aparato de decodificación según la reivindicación 14, en donde el código LDPC es un código LDPC que tiene una longitud de código N de 64.800 bits, los m bits son 12 bits y el número entero b es 1, 12 bits de código del código LDPC que se mapean a uno de los 4096 puntos de señal determinados en un método de modulación, y almacenados como 12 columnas de 12 x 1 bits en la dirección de fila y 64.800/ (12 x 1) bits en la dirección de columna, y la unidad de reordenación inversa (53) está configurada para realizar desintercalado de torsión de columna

10 fijando, donde la dirección de la posición superior del almacén en la dirección de columna se representa por 0 y la dirección de cada posición del almacén en la dirección de columna se representa por un número entero dado en un orden ascendente,

15 la posición de inicio de lectura de la primera columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 0, y

fijando la posición de inicio de lectura de la segunda columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 0,

fijando la posición de inicio de lectura de la tercera columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 2,

20 fijando la posición de inicio de lectura de la cuarta columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 2,

fijando la posición de inicio de lectura de la quinta columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 3,

25 fijando la posición de inicio de lectura de la sexta columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 4,

fijando la posición de inicio de lectura de la séptima columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 4,

fijando la posición de inicio de lectura de la octava columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 5,

30 fijando la posición de inicio de lectura de la novena columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 5,

fijando la posición de inicio de lectura de la décima columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 7,

35 fijando la posición de inicio de lectura de la undécima columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 8, y

fijando la posición de inicio de lectura de la duodécima columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 9.

40 20. El aparato de decodificación según la reivindicación 14, en donde el código LDPC es un código LDPC que tiene una longitud de código N de 16.200 bits, los m bits son 4 bits y el número entero b es 2, cuatro bits de código del código LDPC que se mapean a uno de los 16 puntos de señal determinados en un método de modulación, y almacenados como ocho columnas de 4 x 2 bits en la dirección de fila y 16.200/ (4 x 2) bits en la dirección de columna, y la unidad de reordenación inversa (53) está configurada para realizar desintercalado de torsión de columna

45 fijando, donde la dirección de la posición superior del almacén en la dirección de columna se representa por 0 y la dirección de cada posición del almacén en la dirección de columna se representa por un número entero dado en un orden ascendente,

la posición de inicio de lectura de la primera columna de entre las ocho columnas del almacén a la posición cuya dirección es 0, y

50 fijando la posición de inicio de lectura de la segunda columna de entre las ocho columnas del almacén a la posición cuya dirección es 0,

- fijando la posición de inicio de lectura de la tercera columna de entre las ocho columnas del almacén a la posición cuya dirección es 0,
- fijando la posición de inicio de lectura de la cuarta columna de entre las ocho columnas del almacén a la posición cuya dirección es 1,
- 5 fijando la posición de inicio de lectura de la quinta columna de entre las ocho columnas del almacén a la posición cuya dirección es 7,
- fijando la posición de inicio de lectura de la sexta columna de entre las ocho columnas del almacén a la posición cuya dirección es 20,
- 10 fijando la posición de inicio de lectura de la séptima columna de entre las ocho columnas del almacén a la posición cuya dirección es 20, y
- fijando la posición de inicio de lectura de la octava columna de entre las ocho columnas del almacén a la posición cuya dirección es 21.
21. El aparato de decodificación según la reivindicación 14, en donde el código LDPC es un código LDPC que tiene una longitud de código N de 16.200 bits, los m bits son 6 bits y el número entero b es 2, seis bits de código del código LDPC que se mapean a uno de los 64 puntos de señal determinados en un método de modulación, y almacenados como 12 columnas de 6 x 2 bits en la dirección de fila y  $16.200 / (6 \times 2)$  bits en la dirección de columna, y la unidad de reordenación inversa (53) está configurada para realizar desintercalado de torsión de columna
- 15 fijando, donde la dirección de la posición superior del almacén en la dirección de columna se representa por 0 y la dirección de cada posición del almacén en la dirección de columna se representa por un número entero dado en un orden ascendente,
- 20 la posición de inicio de escritura de la primera columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 0, y
- fijando la posición de inicio de lectura de la segunda columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 0,
- 25 fijando la posición de inicio de lectura de la tercera columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 0,
- fijando la posición de inicio de lectura de la cuarta columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 2,
- 30 fijando la posición de inicio de lectura de la quinta columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 2,
- fijando la posición de inicio de lectura de la sexta columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 2,
- fijando la posición de inicio de lectura de la séptima columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 3,
- 35 fijando la posición de inicio de lectura de la octava columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 3,
- fijando la posición de inicio de lectura de la novena columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 3,
- 40 fijando la posición de inicio de lectura de la décima columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 6,
- fijando la posición de inicio de lectura de la undécima columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 7, y
- fijando la posición de inicio de lectura de la duodécima columna de entre las 12 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 7.
- 45 22. El aparato de decodificación según la reivindicación 14, en donde el código LDPC es un código LDPC que tiene una longitud de código N de 16.200 bits, los m bits son 8 bits y el número entero b es 1, ocho bits de código del código LDPC que se mapean a uno de los 256 puntos de señal determinados en un método de modulación, y almacenados como 8 columnas de 8 x 1 bits en la dirección de fila y  $16.200 / (8 \times 1)$  bits en la dirección de columna, y la unidad de reordenación inversa (53) está configurada para realizar desintercalado de torsión de columna

- fijando, donde la dirección de la posición superior del almacén en la dirección de columna se representa por 0 y la dirección de cada posición del almacén en la dirección de columna se representa por un número entero dado en un orden ascendente,
- 5 la posición de inicio de lectura de la primera columna de entre las ocho columnas del almacén a la posición cuya dirección es 0, y
- fijando la posición de inicio de lectura de la segunda columna de entre las ocho columnas del almacén a la posición cuya dirección es 0,
- fijando la posición de inicio de lectura de la tercera columna de entre las ocho columnas del almacén a la posición cuya dirección es 0,
- 10 fijando la posición de inicio de lectura de la cuarta columna de entre las ocho columnas del almacén a la posición cuya dirección es 1,
- fijando la posición de inicio de lectura de la quinta columna de entre las ocho columnas del almacén a la posición cuya dirección es 7,
- 15 fijando la posición de inicio de lectura de la sexta columna de entre las ocho columnas del almacén a la posición cuya dirección es 20,
- fijando la posición de inicio de lectura de la séptima columna de entre las ocho columnas del almacén a la posición cuya dirección es 20, y
- fijando la posición de inicio de lectura de la octava columna de entre las ocho columnas del almacén a la posición cuya dirección es 21.
- 20 23. El aparato de decodificación según la reivindicación 14, en donde el código LDPC es un código LDPC que tiene una longitud de código N de 16.200 bits, los m bits son 10 bits y el número entero b es 2, 10 bits de código del código LDPC que se mapean a uno de los 1024 puntos de señal determinados en un método de modulación, y almacenados como 20 columnas de 10 x 2 bits en la dirección de fila y 16.200/ (10 x 2) bits en la dirección de columna, y la unidad de reordenación inversa (53) está configurada para realizar desintercalado de torsión de
- 25 columna
- fijando, donde la dirección de la posición superior del almacén en la dirección de columna se representa por 0 y la dirección de cada posición del almacén en la dirección de columna se representa por un número entero dado en un orden ascendente,
- 30 la posición de inicio de escritura de la primera columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 0, y
- fijando la posición de inicio de lectura de la segunda columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 0,
- fijando la posición de inicio de lectura de la tercera columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 0,
- 35 fijando la posición de inicio de lectura de la cuarta columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 2,
- fijando la posición de inicio de lectura de la quinta columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 2,
- 40 fijando la posición de inicio de lectura de la sexta columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 2,
- fijando la posición de inicio de lectura de la séptima columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 2,
- fijando la posición de inicio de lectura de la octava columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 2,
- 45 fijando la posición de inicio de lectura de la novena columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 5,
- fijando la posición de inicio de lectura de la décima columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 5,

- fijando la posición de inicio de lectura de la undécima columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 5,
- fijando la posición de inicio de lectura de la duodécima columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 5,
- 5 fijando la posición de inicio de lectura de la decimotercera columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 5,
- fijando la posición de inicio de lectura de la decimocuarta columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 7,
- 10 fijando la posición de inicio de lectura de la decimoquinta columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 7,
- fijando la posición de inicio de lectura de la decimosexta columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 7,
- fijando la posición de inicio de lectura de la decimoséptima columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 7,
- 15 fijando la posición de inicio de lectura de la decimooctava columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 8,
- fijando la posición de inicio de lectura de la decimonovena columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 8, y
- 20 fijando la posición de inicio de lectura de la vigésima columna de entre las 20 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 10.
24. El aparato de decodificación según la reivindicación 14, en donde el código LDPC es un código LDPC que tiene una longitud de código N de 16.200 bits, los m bits son 12 bits y el número entero b es 2, 12 bits de código del código LDPC que se mapean a uno de los 4096 puntos de señal determinados en un método de modulación, y almacenados como 24 columnas de 12 x 2 bits en la dirección de fila y 16.200/ (12 x 2) bits en la dirección de columna, y la unidad de reordenación inversa (53) está configurada para realizar desintercalado de torsión de columna
- 25 fijando, donde la dirección de la posición superior del almacén en la dirección de columna se representa por 0 y la dirección de cada posición del almacén en la dirección de columna se representa por un número entero dado en un orden ascendente,
- 30 la posición de inicio de escritura de la primera columna de entre las 24 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 0, y
- fijando la posición de inicio de lectura de la segunda columna de entre las 24 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 0,
- 35 fijando la posición de inicio de lectura de la tercera columna de entre las 24 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 0,
- fijando la posición de inicio de lectura de la cuarta columna de entre las 24 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 0,
- fijando la posición de inicio de lectura de la quinta columna de entre las 24 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 0,
- 40 fijando la posición de inicio de lectura de la sexta columna de entre las 24 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 0,
- fijando la posición de inicio de lectura de la séptima columna de entre las 24 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 0,
- 45 fijando la posición de inicio de lectura de la octava columna de entre las 24 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 1,
- fijando la posición de inicio de lectura de la novena columna de entre las 24 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 1,
- fijando la posición de inicio de lectura de la décima columna de entre las 24 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 1,

- fijando la posición de inicio de lectura de la undécima columna de entre las 24 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 2,
- fijando la posición de inicio de lectura de la duodécima columna de entre las 24 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 2,
- 5 fijando la posición de inicio de lectura de la decimotercera columna de entre las 24 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 2,
- fijando la posición de inicio de lectura de la decimocuarta columna de entre las 24 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 3,
- 10 fijando la posición de inicio de lectura de la decimoquinta columna de entre las 24 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 7,
- fijando la posición de inicio de lectura de la decimosexta columna de entre las 24 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 9,
- fijando la posición de inicio de lectura de la decimoséptima columna de entre las 24 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 9,
- 15 fijando la posición de inicio de lectura de la decimooctava columna de entre las 24 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 9,
- fijando la posición de inicio de lectura de la decimonovena columna de entre las 24 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 10,
- 20 fijando la posición de inicio de lectura de la vigésima columna de entre las 24 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 10,
- fijando la posición de inicio de lectura de la vigesimoprimer columna de entre las 24 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 10,
- fijando la posición de inicio de lectura de la vigesimosegunda columna de entre las 24 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 10,
- 25 fijando la posición de inicio de lectura de la vigesimotercera columna de entre las 24 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 10, y
- fijando la posición de inicio de lectura de la vigesimocuarta columna de entre las 24 columnas del almacén a la posición cuya dirección es 11.
- 30 25. Un método de decodificación que decodifica un código de comprobación de paridad de baja densidad, LDPC, como se ha prescrito en el estándar DVB-S.2 ETSI EN 302 307 V1.1.2, el código LDPC que tiene una longitud de información de K bits que se generan según una matriz de comprobación de paridad que comprende una matriz de información y una matriz de paridad, la matriz de información que corresponde a bits de información del código LDPC que tiene una estructura cíclica y la matriz de paridad que corresponde a los bits de paridad del código LDPC que tiene una estructura de escalera, los bits de código del código LDPC que se han transmitido como símbolos
- 35 cada uno formado de m bits de código del código LDPC, donde m es igual a 4, 6, 8, 10 o 12, el método de decodificación que comprende
- almacenar los bits de código del código LDPC en una dirección de fila y una dirección de columna en un almacén (1002), el almacén que almacena mb bits en la dirección de fila y que almacena N/ (mb) bits en la dirección de columna, donde b es un número entero positivo y N es la longitud de código LDPC,
- 40 realizar un desintercalado de torsión de columna escribiendo los bits de código en la dirección de fila en el almacén y leyendo los bits de código en la dirección de columna, en donde la posición de inicio de lectura de una columna se cambia cuando los bits de código se leen desde la columna, y
- 45 decodificar el código LDPC usando una matriz de comprobación de paridad de conversión obtenida llevando a cabo una sustitución de columnas para la matriz de comprobación de paridad que corresponde a un intercalado de paridad, en donde el intercalado de paridad intercala el bit de código de orden  $K+qx+y+1$  de entre los bits de paridad que son los bits de código de orden  $K+1$  a orden  $K+M$  del código LDPC a la posición del bit de código de orden  $K+Py+x+1$ ,  $K + M = N$ , x que es un número entero mayor que 0 pero menor que P e y que es un número entero mayor que 0 pero menor que q, donde  $P = 360$  y  $q = M/360$ .

26. Un receptor de televisión que incluye un aparato de decodificación según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 24.

27. Un decodificador que incluye un aparato de decodificación según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 24.

FIG. 1

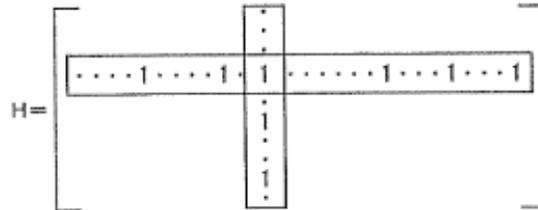


FIG. 2

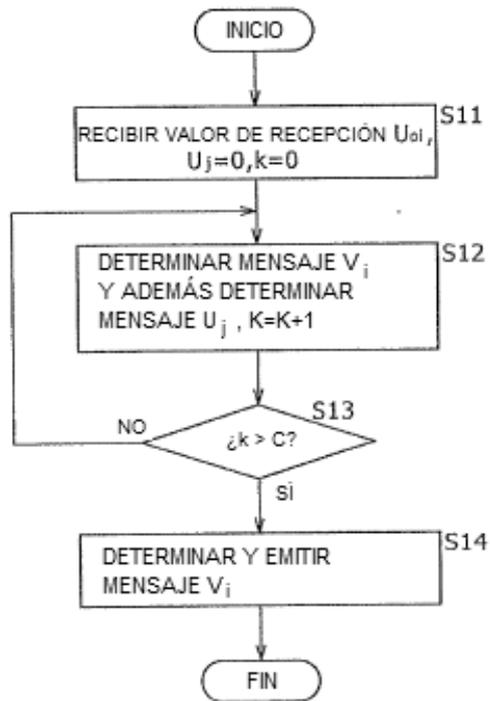


FIG. 3

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

FIG. 4

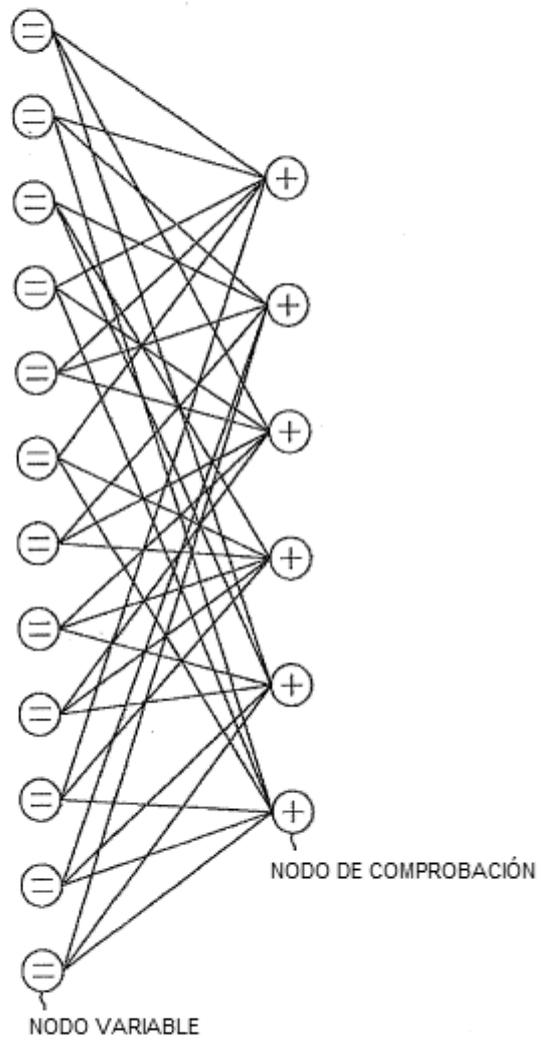


FIG. 5

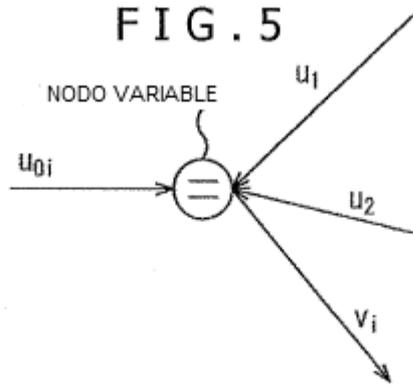


FIG. 6

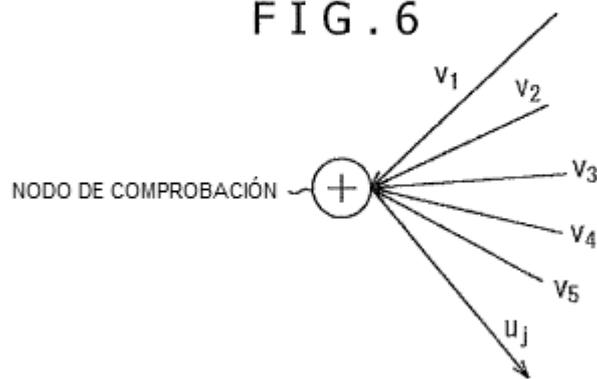


FIG. 7

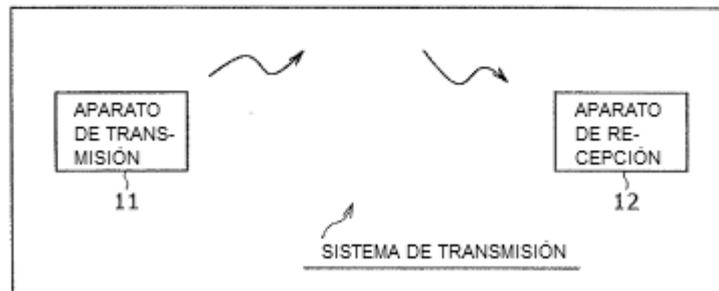


FIG. 8

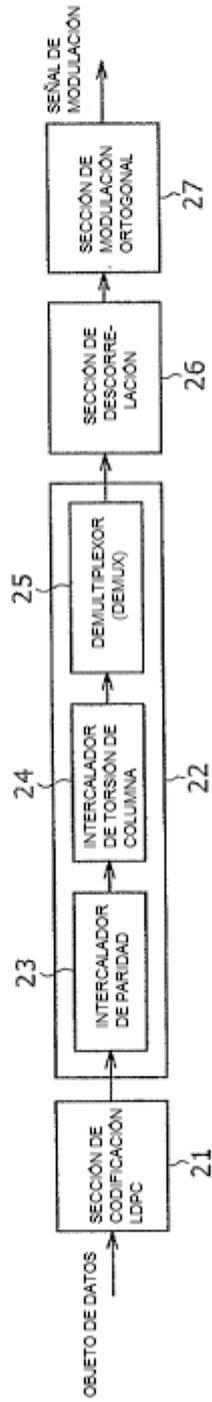


FIG. 9

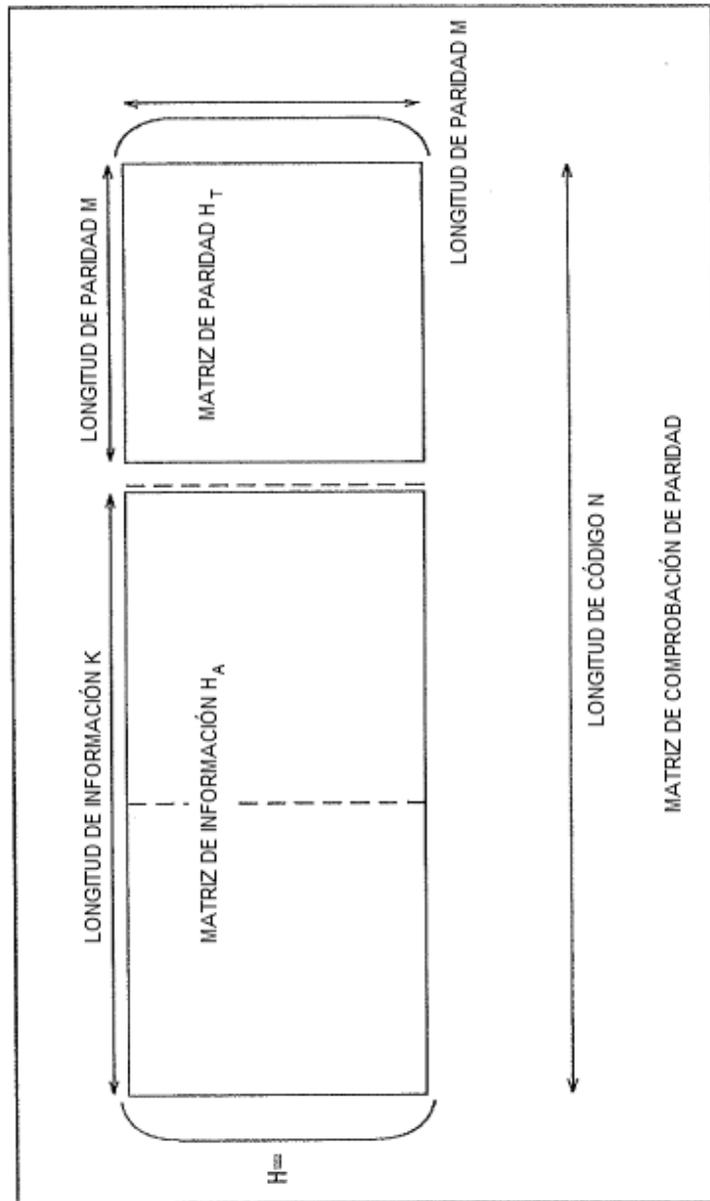


FIG. 10

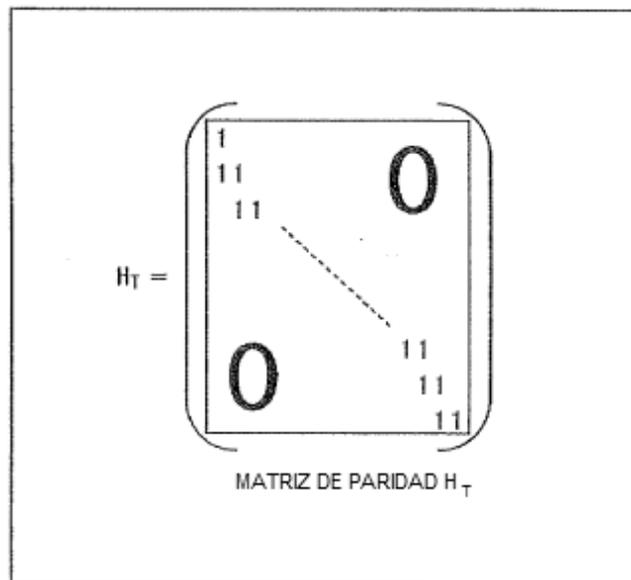


FIG. 11

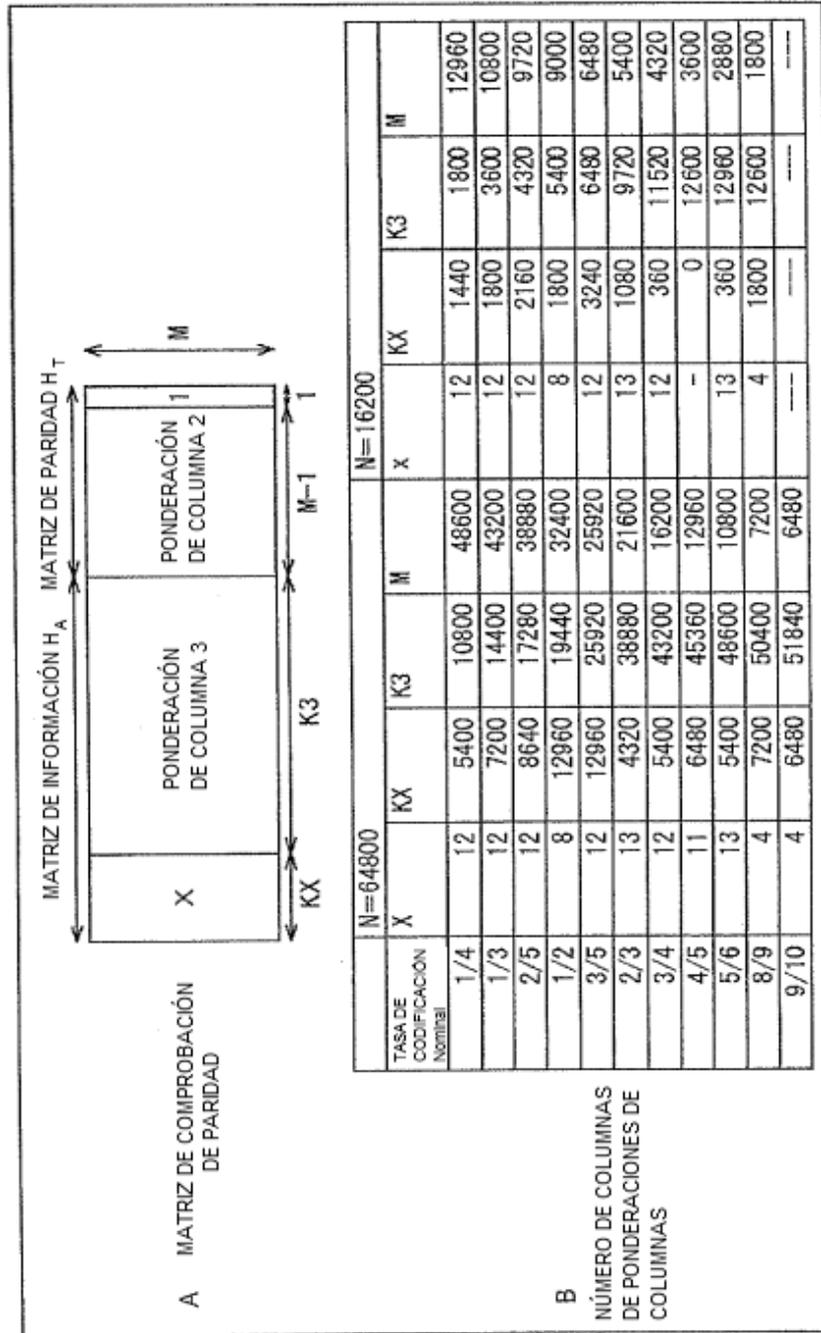


FIG.12

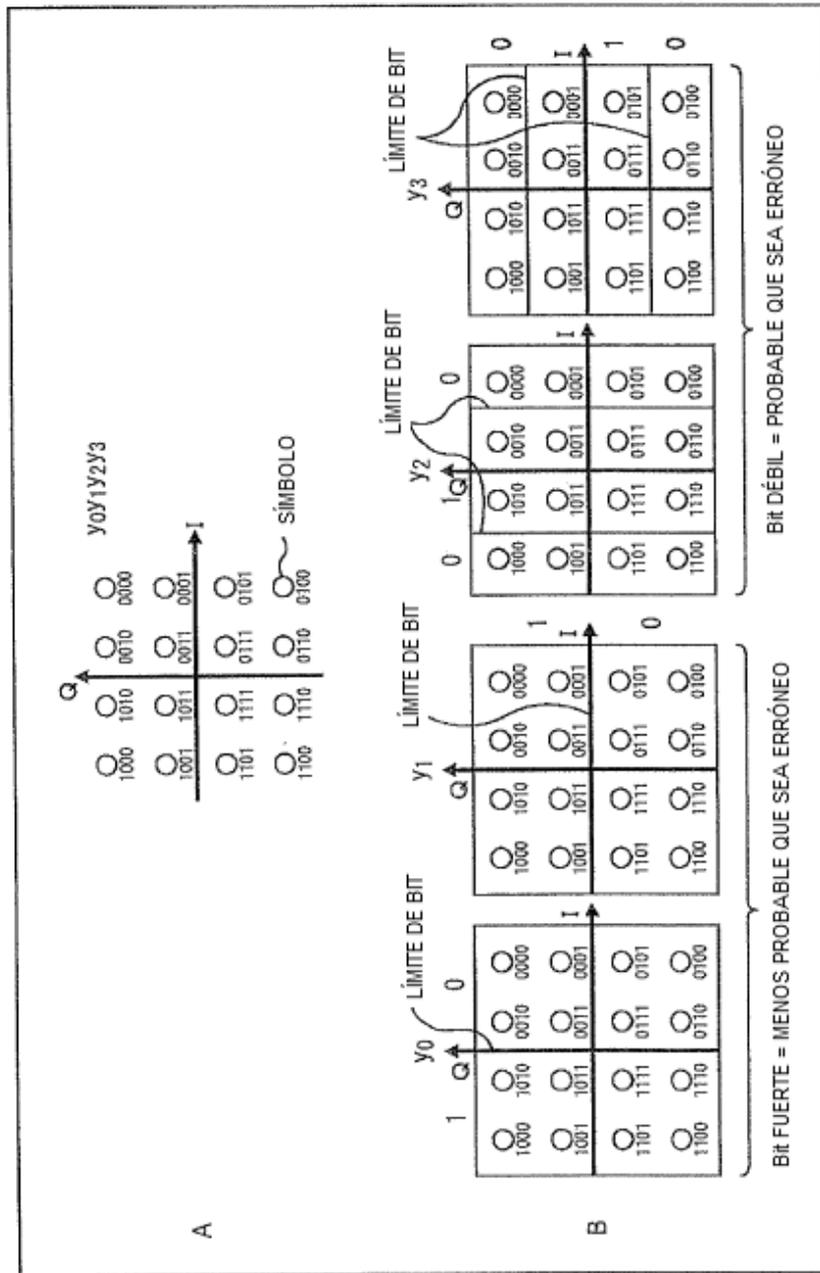


FIG. 13

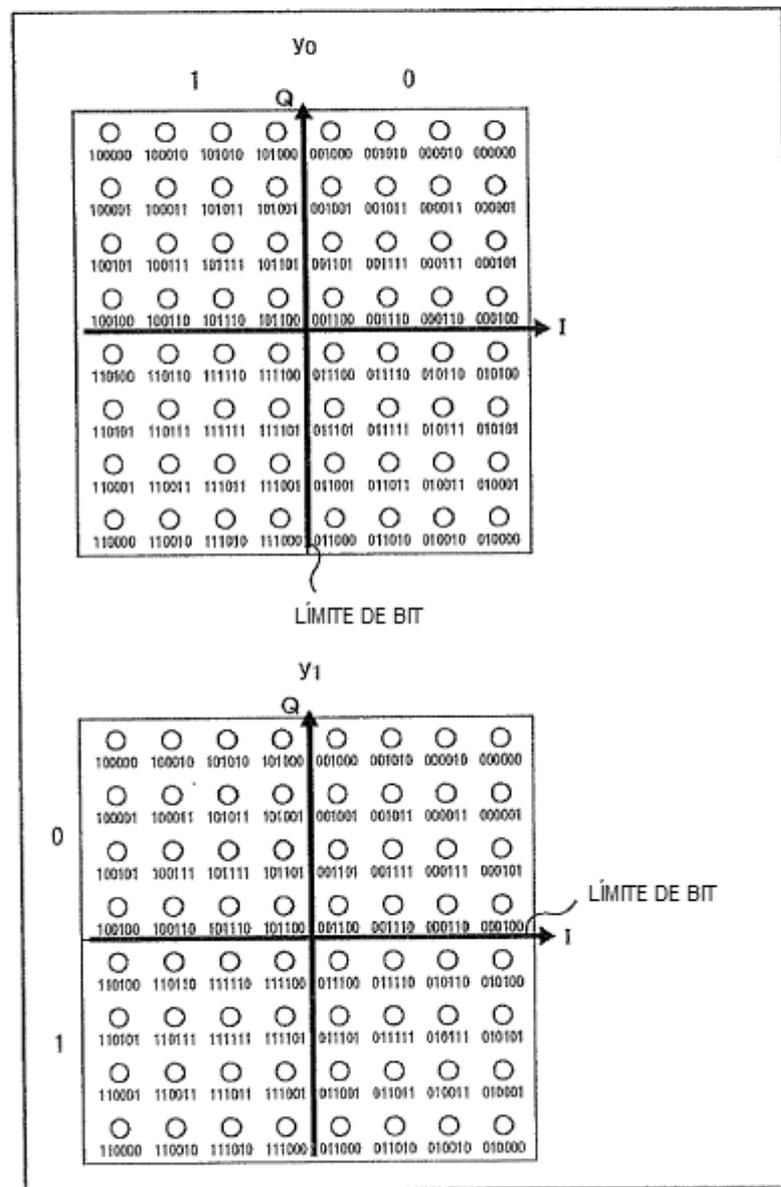


FIG. 14

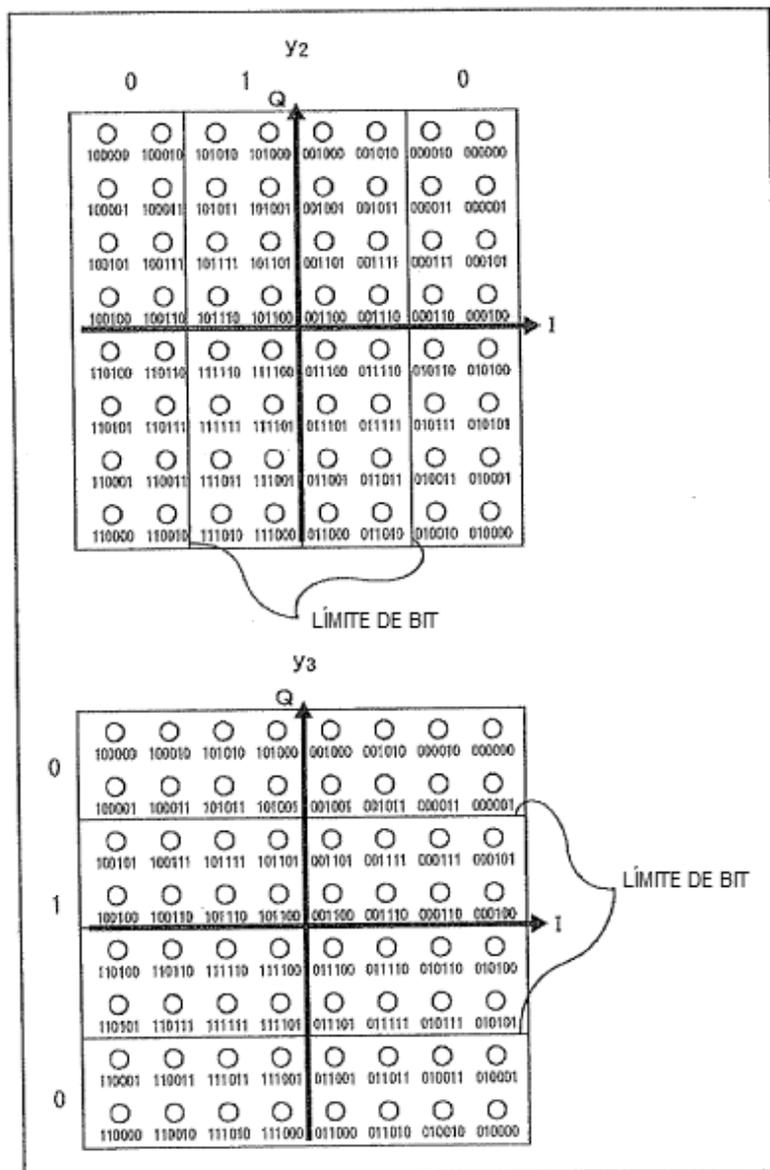




FIG. 16

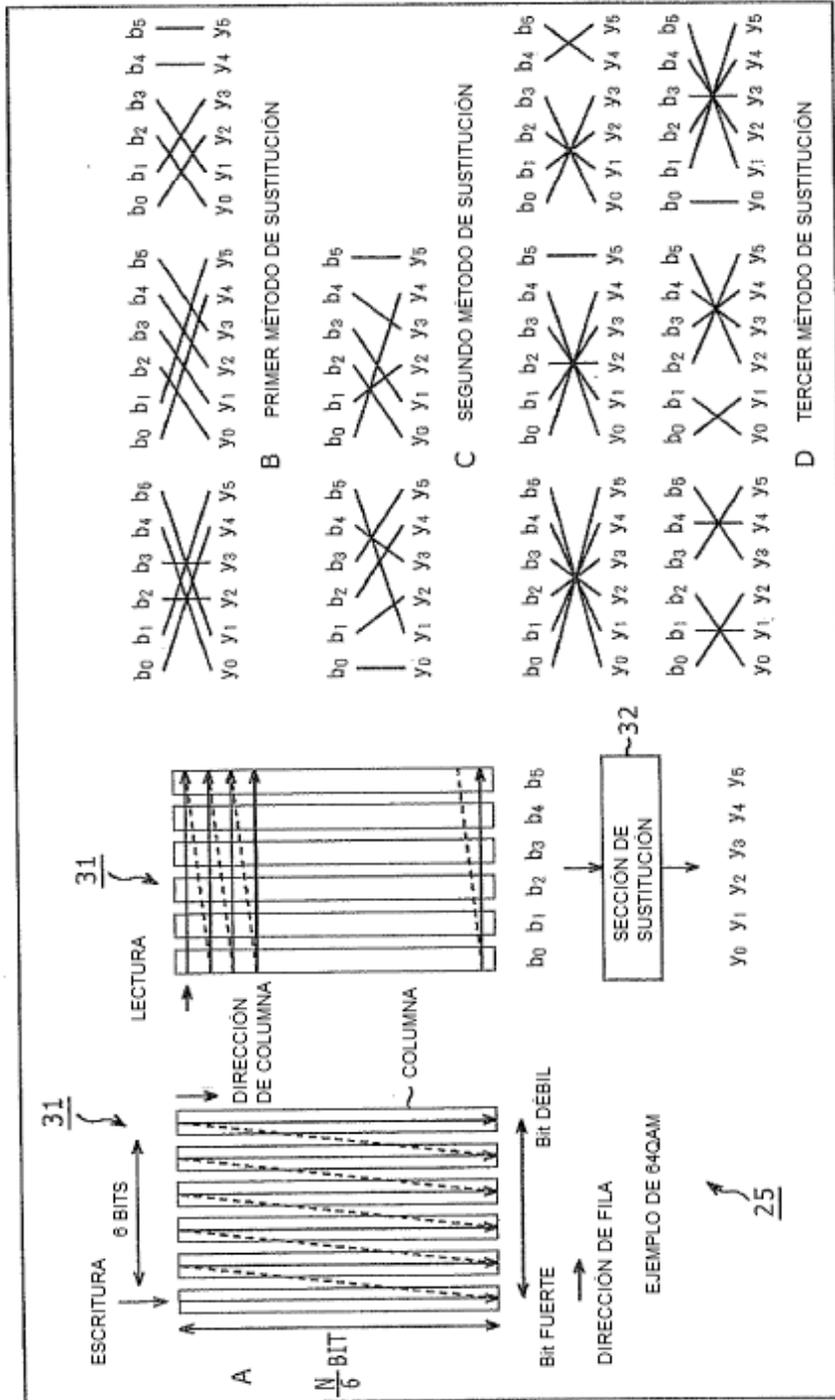




FIG. 18

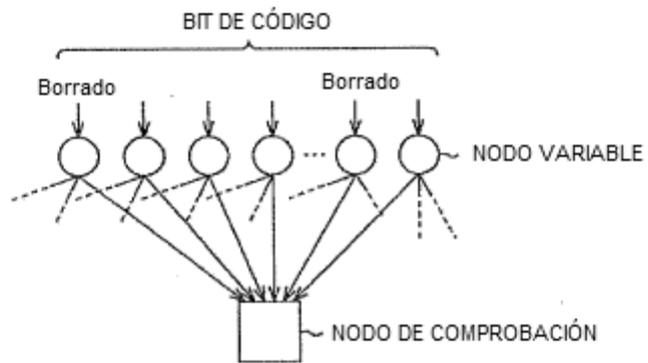


FIG.19

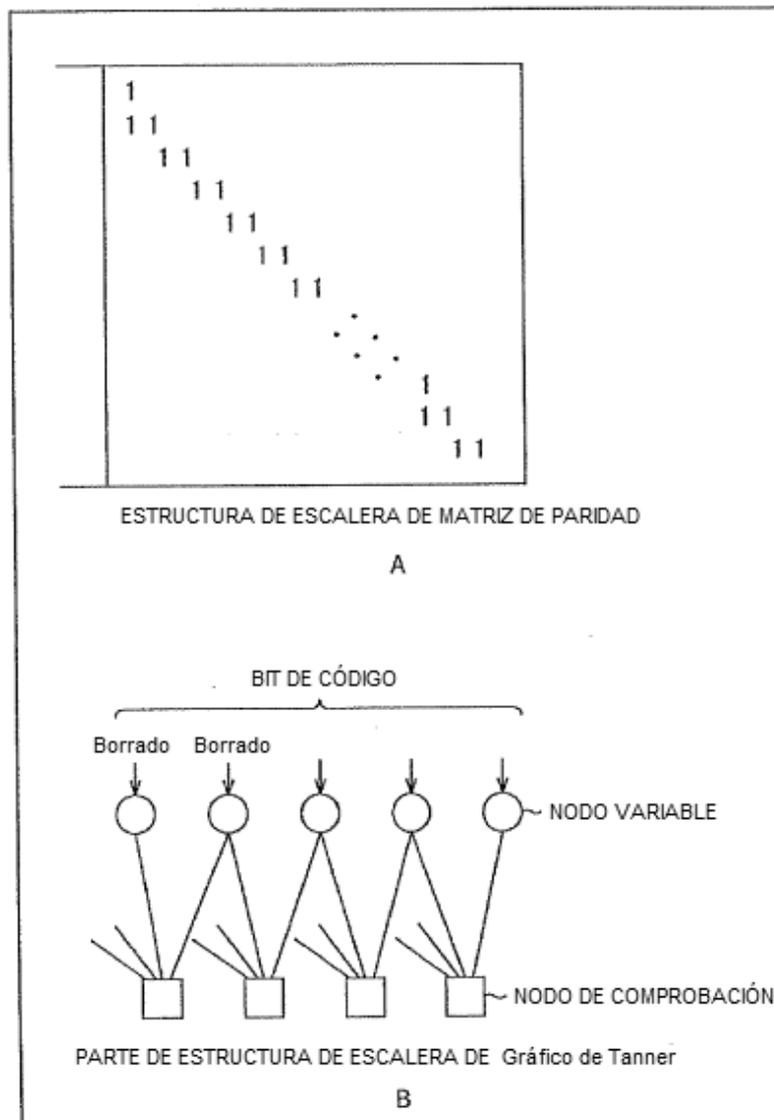


FIG. 20

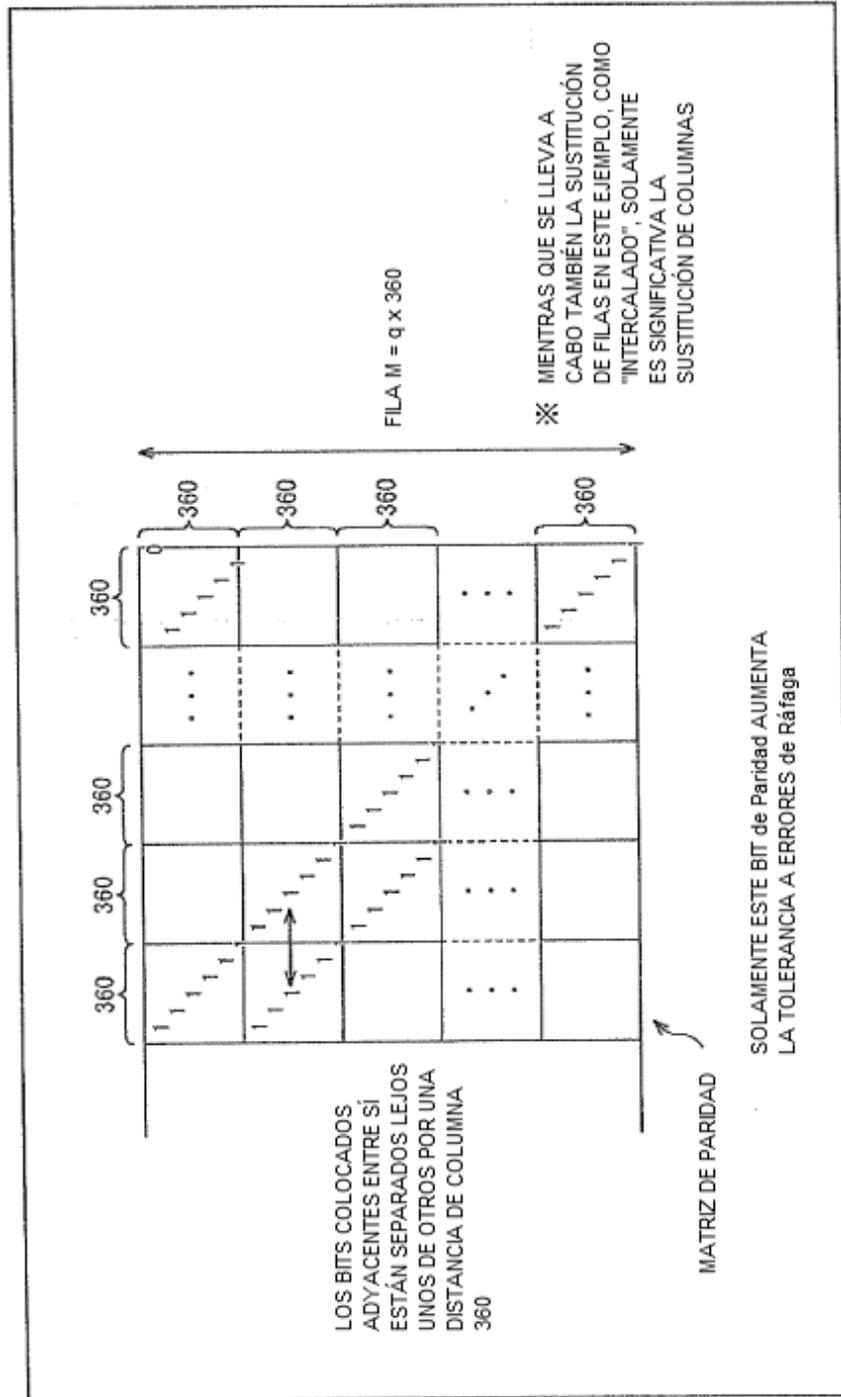


FIG. 21

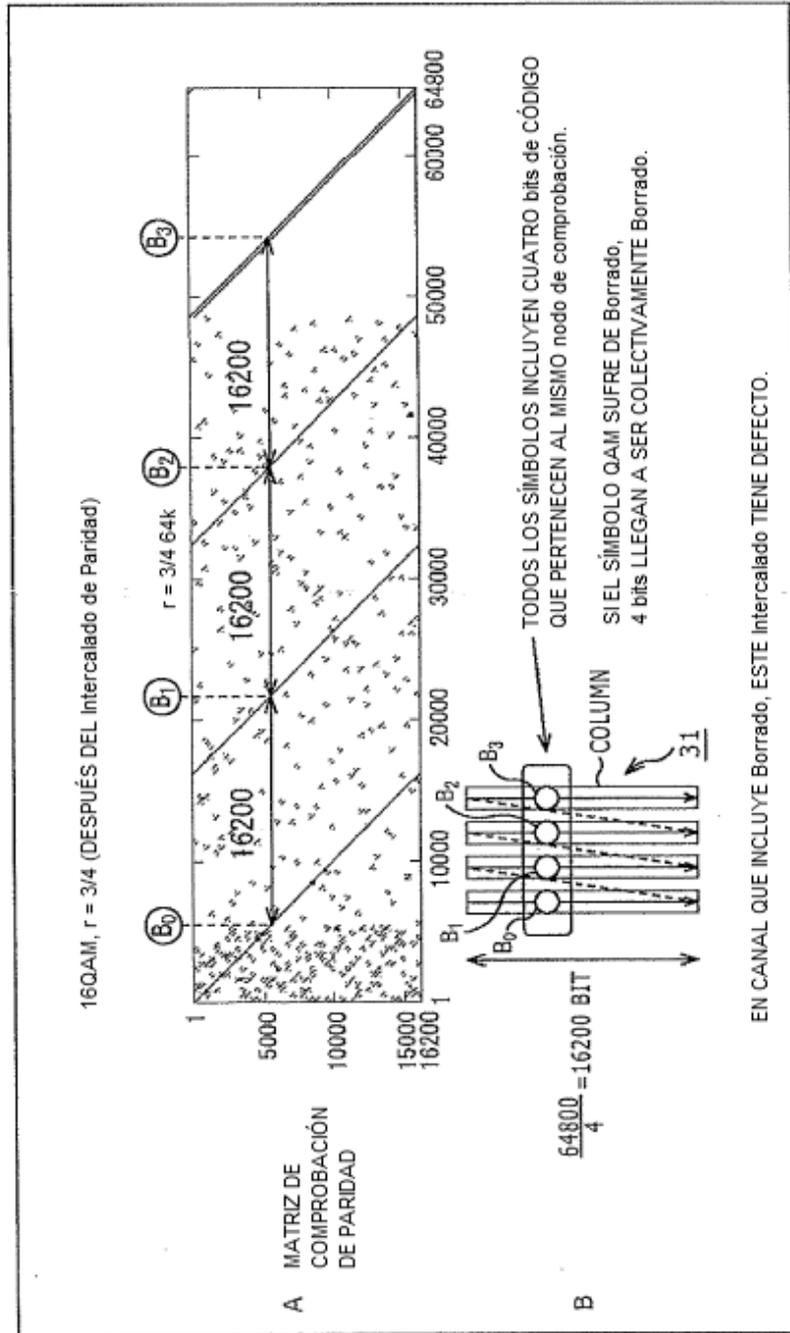


FIG.22

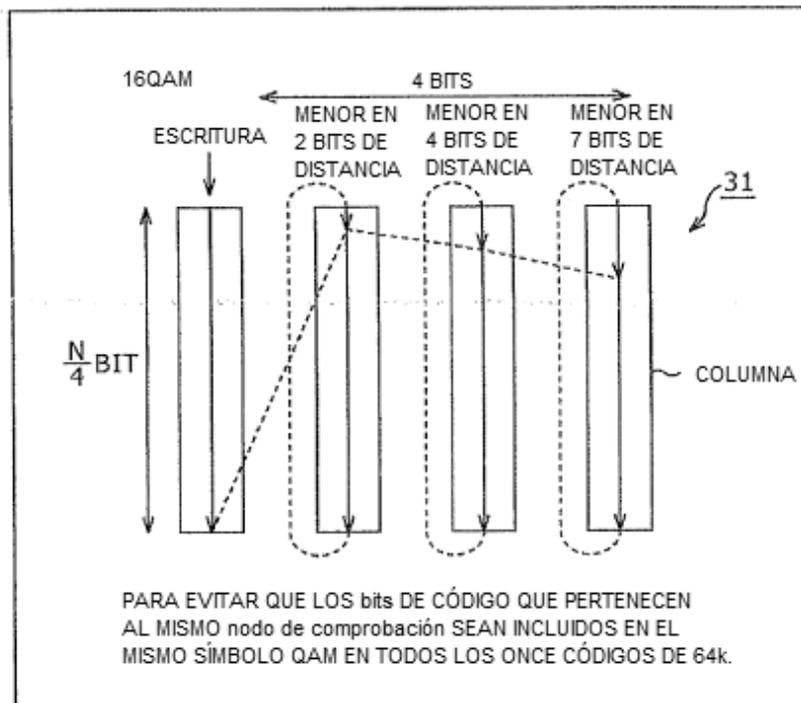


FIG. 23

NÚMERO DE COLUMNA DE MEMORIA REQUERIDO	PRIMER AL TERCER MÉTODOS DE SUSTITUCIÓN	CUARTO MÉTODO DE SUSTITUCIÓN	POSICIÓN DE INICIO DE ESCRITURA EN mb COLUMNAS																											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
2	QPSK		0	2																										
4	16QAM	QPSK	0	2	4	7																								
6	64QAM		0	2	5	9	10	13																						
8	256QAM	16QAM	0	0	2	4	4	5	7	7																				
10	1024QAM		0	3	6	8	11	13	15	17	18	20																		
12	4096QAM	64QAM	0	0	2	2	3	4	4	5	5	7	8	9																
16		256QAM	0	2	2	2	2	2	3	7	15	16	20	22	22	27	27	28	32											
20		1024QAM	0	1	3	4	5	6	6	9	13	14	14	16	21	21	23	25	25	26	28	30								
24		4096QAM	0	5	8	8	8	8	8	10	10	10	12	13	16	17	19	21	22	23	26	27	39	40	41	41	41	41		

FIG. 24

NÚMERO ID DE COLUMNA DE MEMORIA REQUERIDO	PRIMER AL TERCER METODOS DE SUSTITUCIÓN	CUARTO METODO DE SUSTITUCIÓN	POSICIÓN DE INICIO DE ESCRITURA EN mb COLUMNAS																							
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	QPSK		0	0																						
4	16QAM	QPSK	0	2	3	3																				
6	64QAM		0	0	2	3	7	7																		
8	256QAM	16QAM	0	0	0	1	7	20	21																	
10	1024QAM		0	1	2	2	3	3	4	5	7															
12	4096QAM	64QAM	0	0	0	2	2	2	3	3	6	7	7													
20		1024QAM	0	0	0	2	2	2	2	2	5	5	5	5	7	7	7	7	7	8	8	10				
24		4096QAM	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2	3	7	9	9	10	10	10	10	10	10	11

FIG. 25

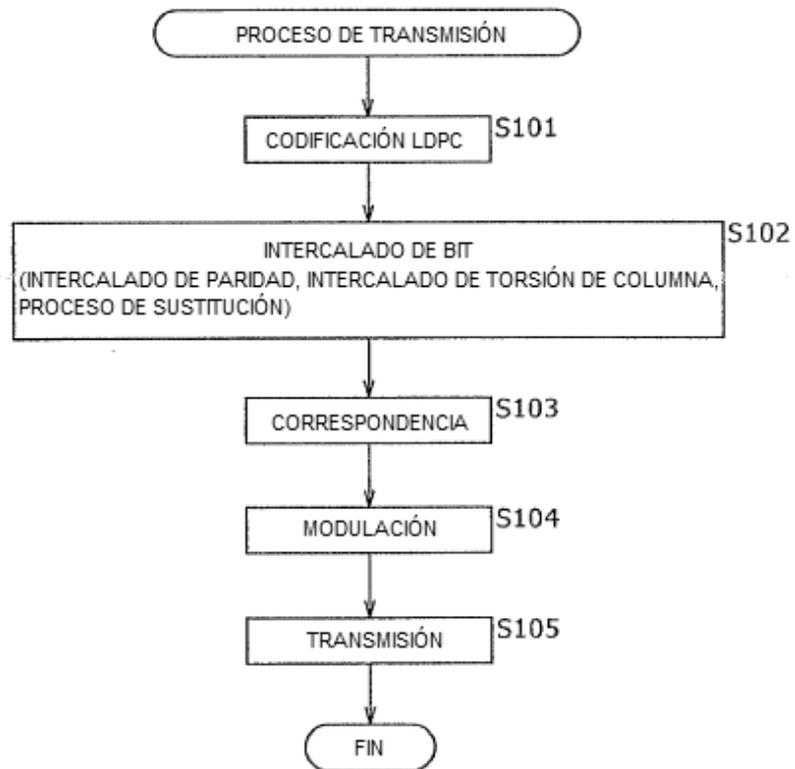


FIG. 26

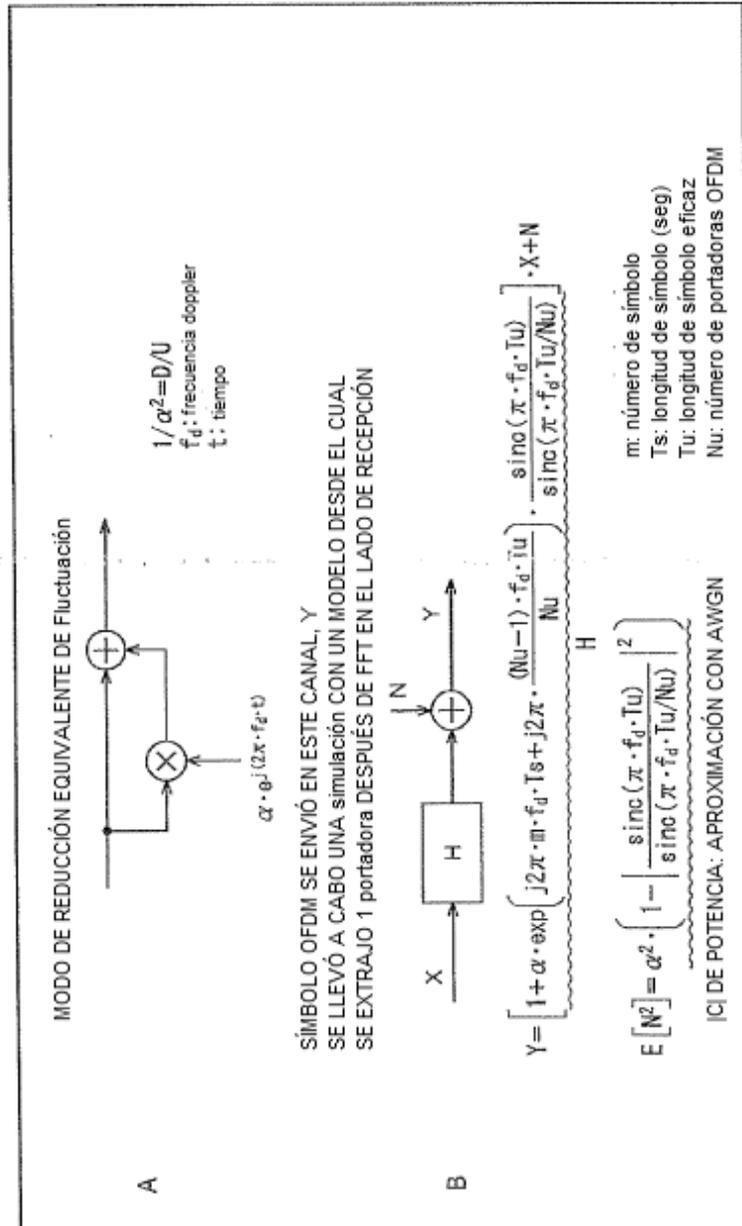


FIG. 2.7

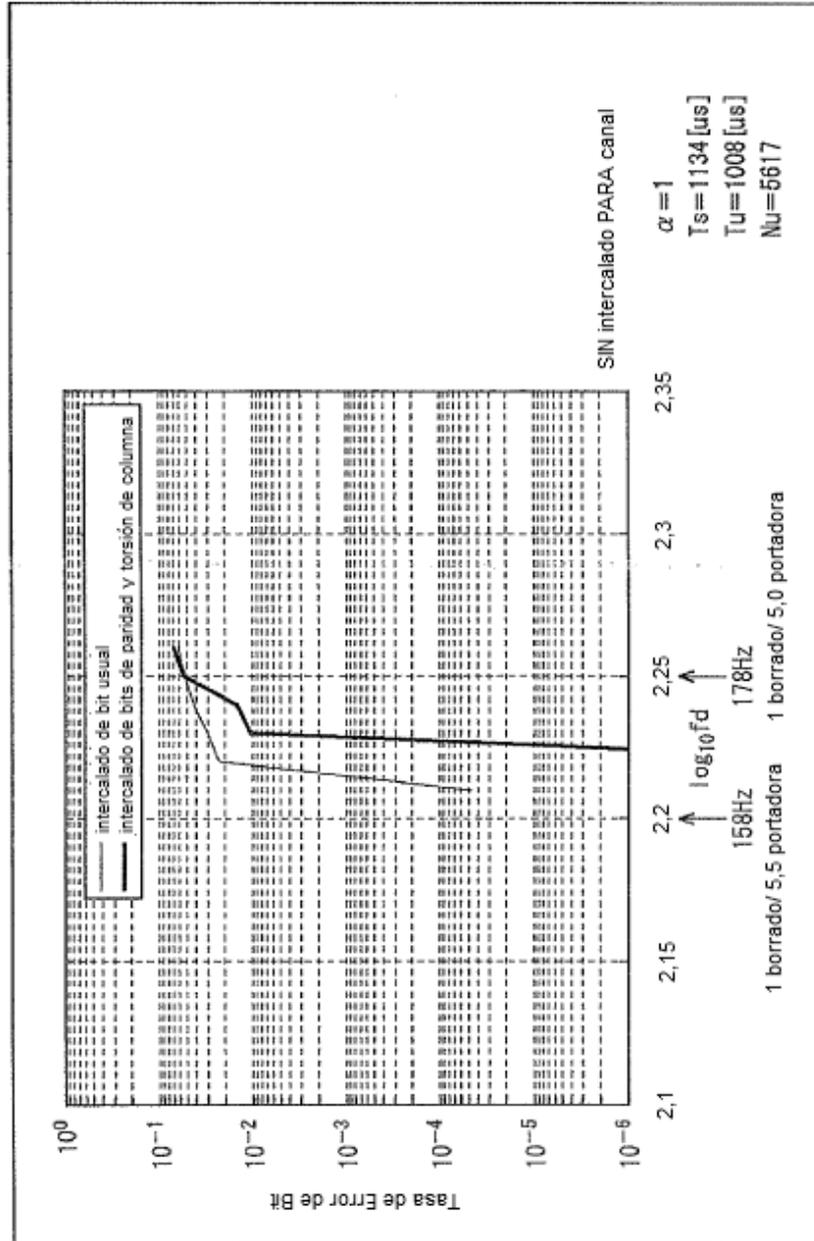


FIG. 28

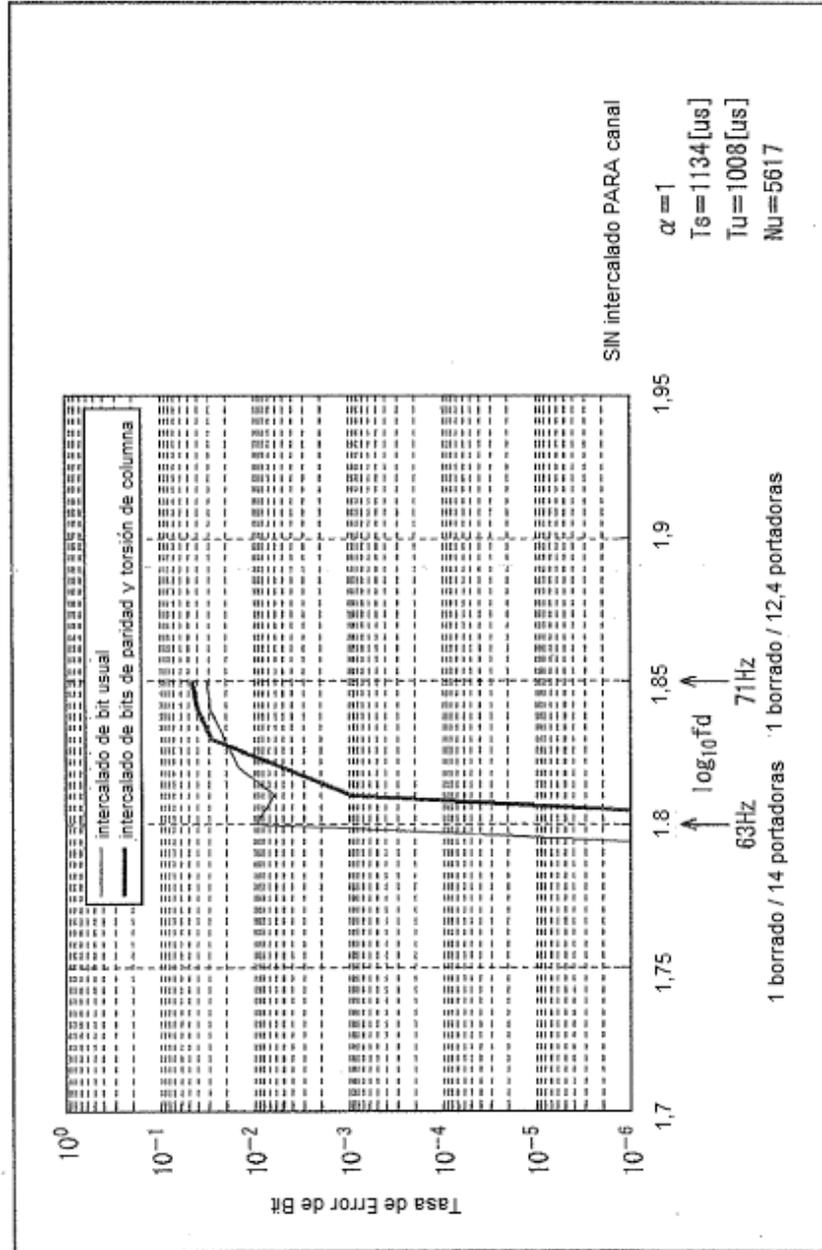
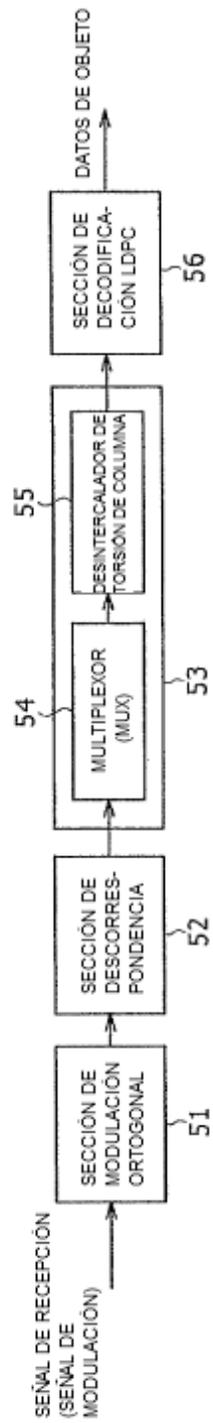


FIG. 29



12

FIG. 30

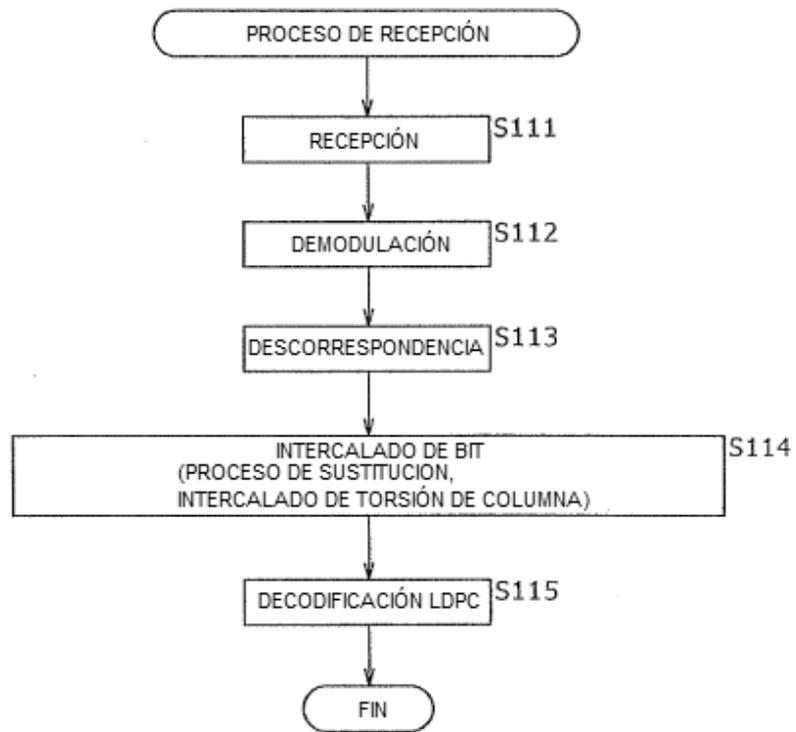


FIG. 31

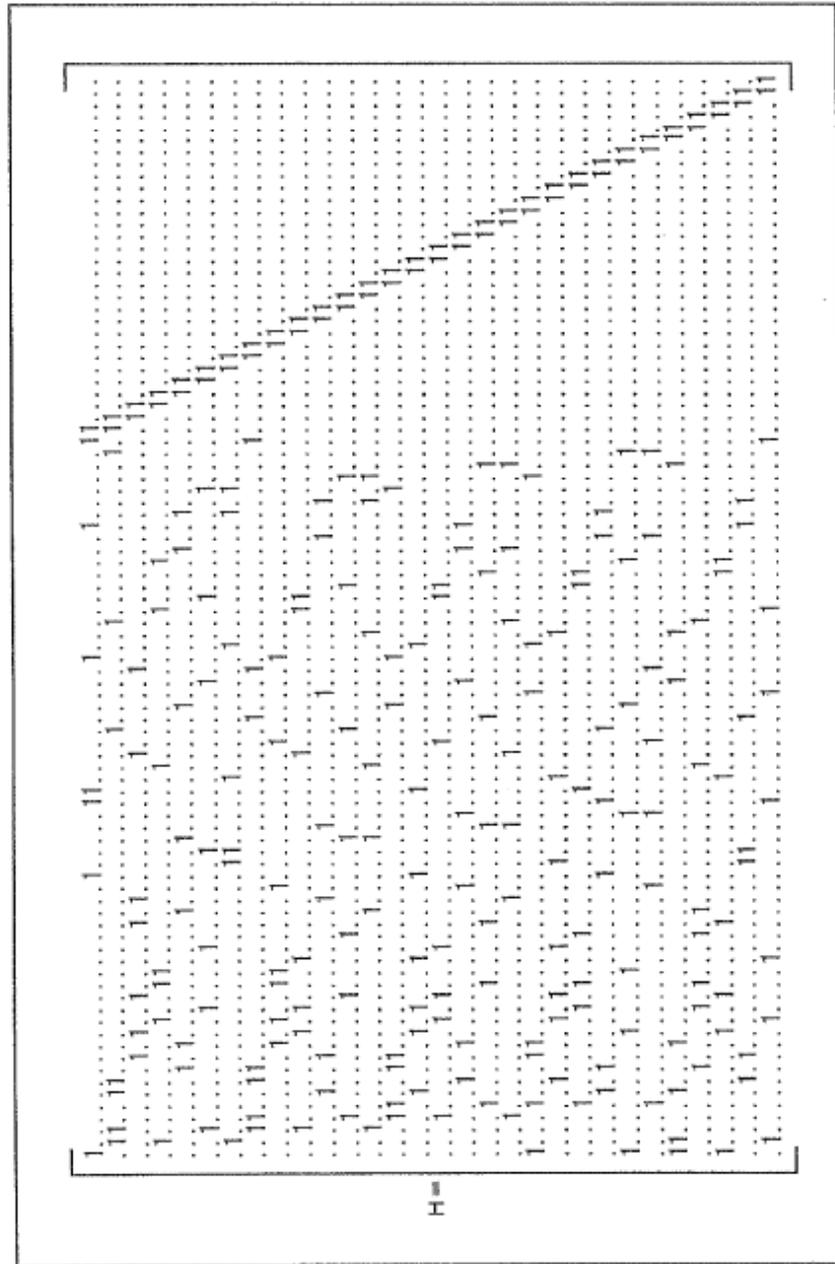


FIG. 32

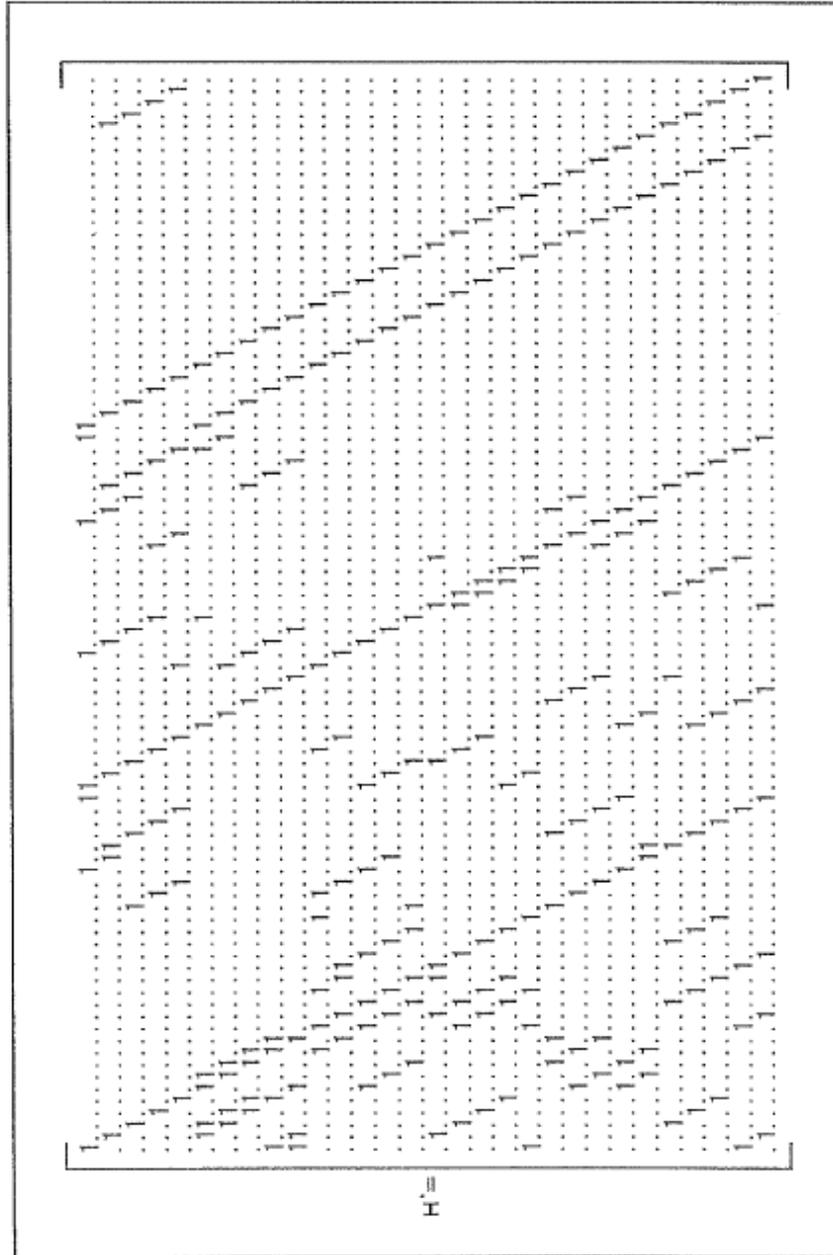
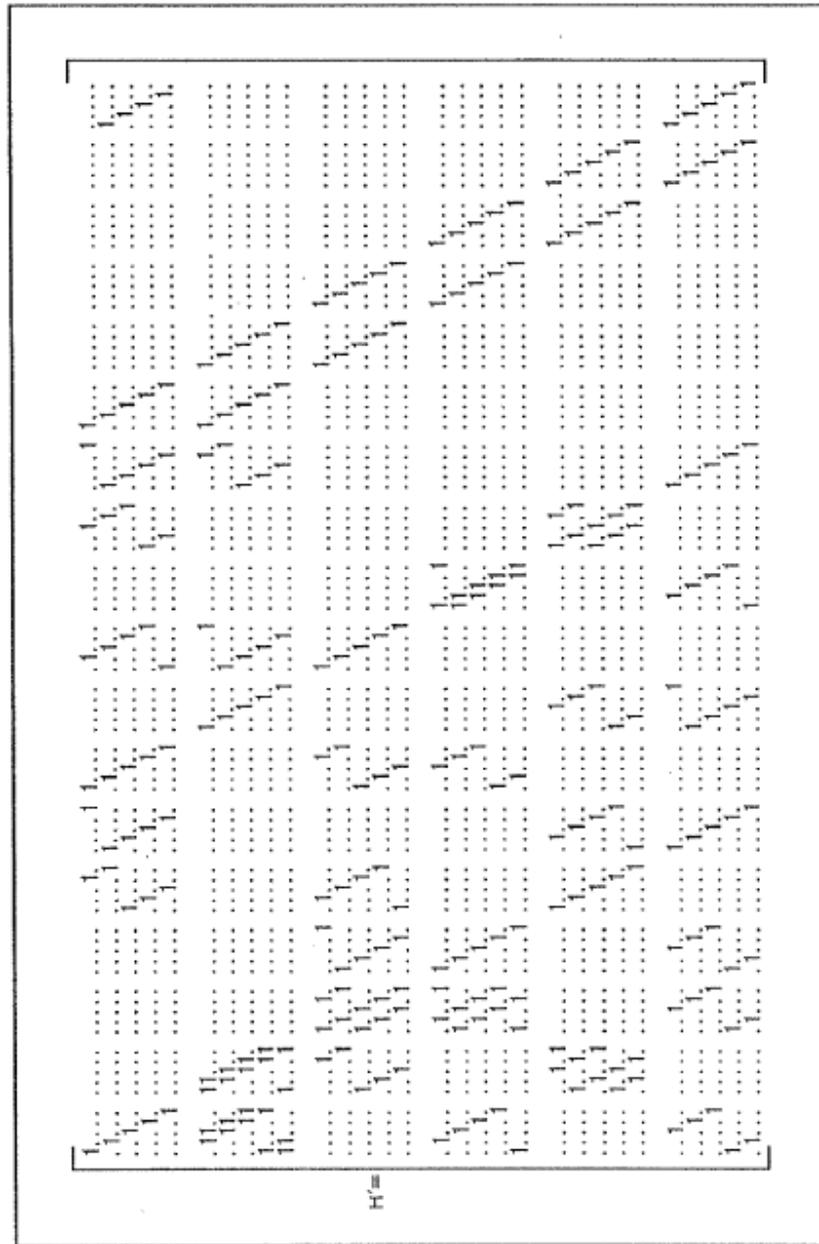


FIG. 33



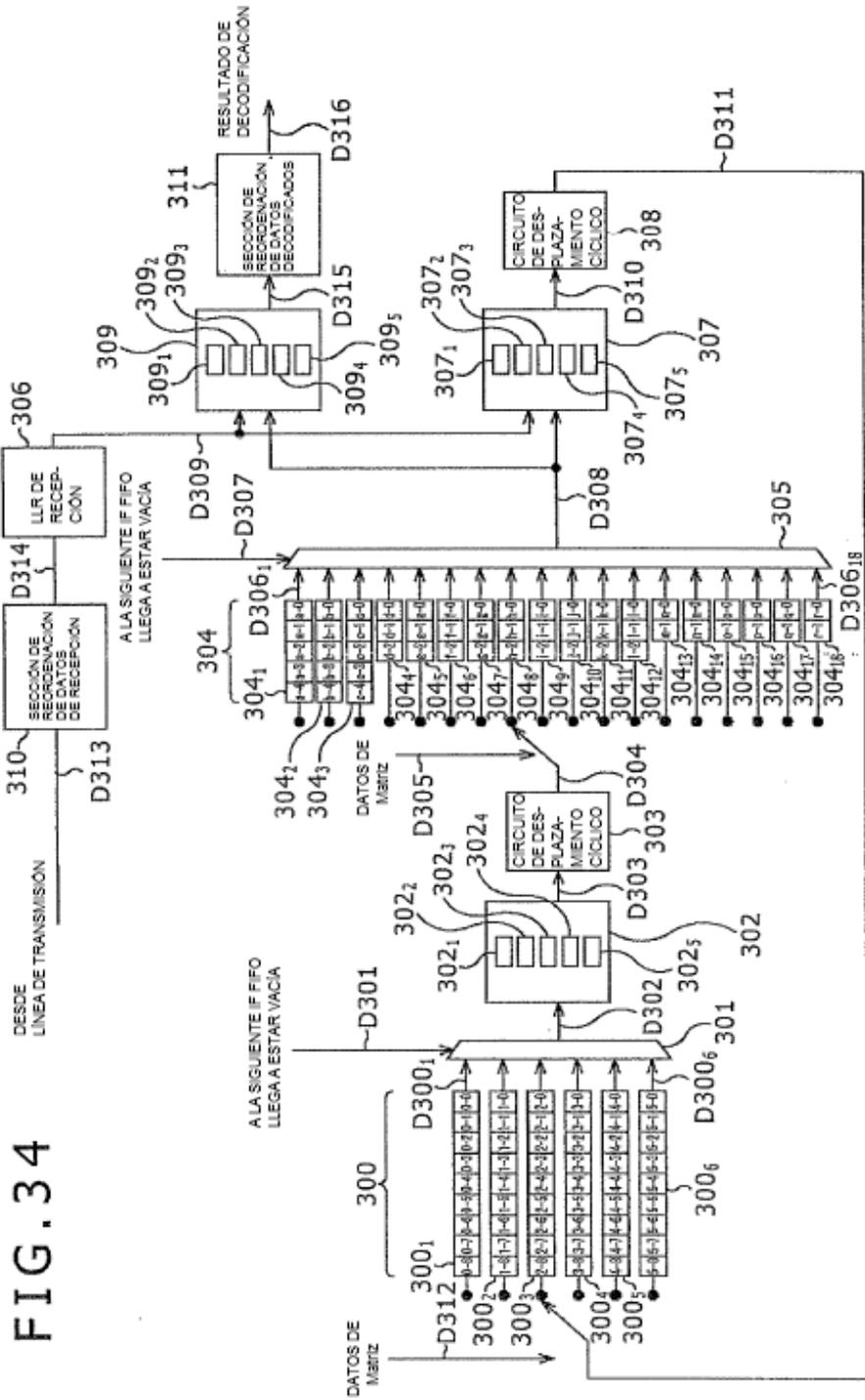


FIG. 34



FIG. 36

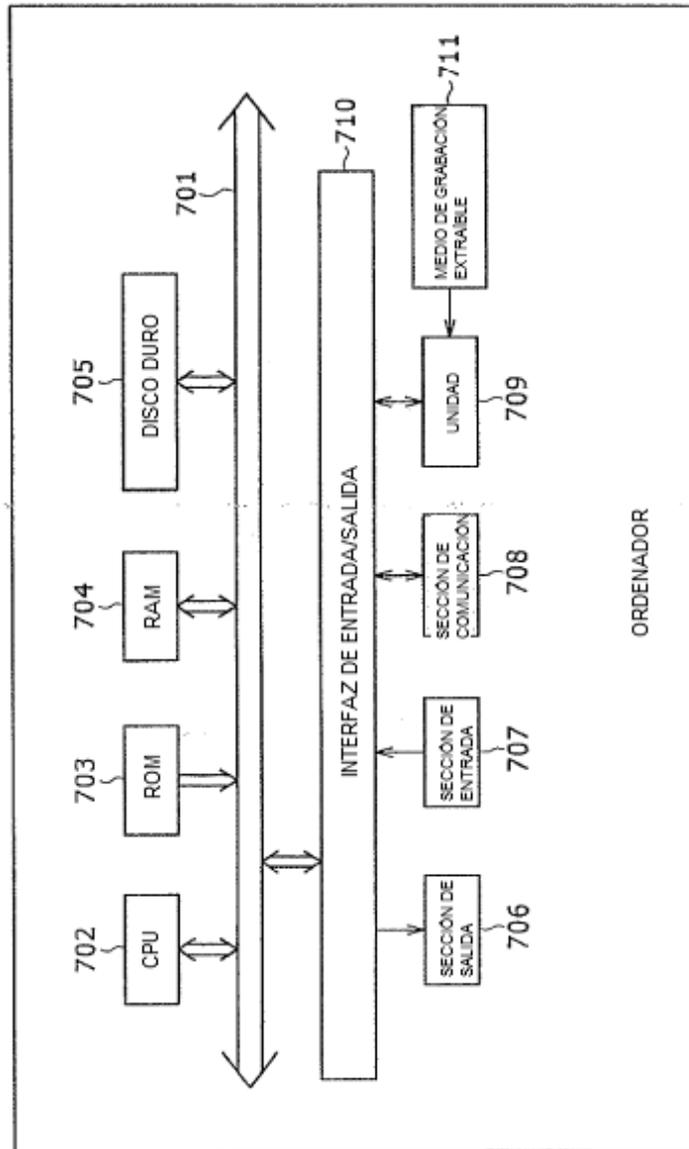


FIG.37

r2/3 16K												
0	2084	1613	1548	1286	1460	3196	4297	2481	3369	3451	4620	2622
1	122	1516	3448	2880	1407	1847	3799	3529	373	971	4358	3108
2	259	3399	929	2650	864	3996	3833	107	5287	164	3125	2350
3	342	3529										
4	4198	2147										
5	1880	4836										
6	3864	4910										
7	243	1542										
8	3011	1436										
9	2167	2512										
10	4606	1003										
11	2835	705										
12	3426	2365										
13	3848	2474										
14	1360	1743										
0	163	2536										
1	2583	1180										
2	1542	509										
3	4418	1005										
4	5212	5117										
5	2155	2922										
6	347	2696										
7	226	4296										
8	1560	487										
9	3926	1640										
10	149	2928										
11	2364	563										
12	635	688										
13	231	1684										
14	1129	3894										

TABLA DE VALORES INICIALES DE MATRIZ DE COMPROBACIÓN DE PARIDAD DONDE  $r = \frac{2}{3}$ , N=16200

### FIG.38

TABLA DE VALORES INICIALES DE MATRIZ DE COMPROBACIÓN DE PARIDAD DONDE  $r = \frac{2}{3}$ , N=64800

r2/3 64K	s
0	10491 16043 506 12826 8065 8226 2767 240 18673 9279 10579 20928
1	17819 8313 6433 6224 5120 5824 12812 17187 9940 13447 13825 18483
2	17957 6024 8681 18628 12794 5915 14576 10970 12064 20437 4455 7151
3	19777 6183 9972 14536 8182 17749 11341 5556 4379 17434 15477 18532
4	4651 19689 1608 659 16707 14335 6143 3058 14618 17894 20684 5306
5	9778 2552 12096 12369 15198 16890 4851 3109 1700 18725 1997 15882
6	486 6111 13743 11537 5591 7433 15227 14145 1483 3887 17431 12430
7	20647 14311 11734 4180 8110 5525 12141 15761 18661 18441 10569 8192
8	3791 14759 15264 19918 10132 9062 10010 12786 10675 9682 19246 5454
9	19525 9485 7777 19999 8378 9209 3163 20232 6690 16518 716 7353
10	4588 6709 20202 10905 915 4317 11073 13576 16433 368 3508 21171
11	14072 4033 19959 12608 631 19494 14160 8249 10223 21504 12395 4322
12	13800 14161
13	2948 9647
14	14693 16027
15	20506 11082
16	1143 9020
17	13501 4014
18	1548 2190
19	12216 21556
20	2095 19897
21	4189 7958
22	15940 10048
23	515 12614
24	8501 8450
25	17595 16784
26	5913 8495
27	16394 10423
28	7409 6981
29	6678 15939
30	20344 12987
31	2510 14588
32	17918 6655
33	6703 19451
34	496 4217
35	7290 5766
36	10521 8925
37	20379 11905
38	4090 5838
39	19082 17040

FIG.39

40	20233	12352
41	19365	19546
42	8249	19030
43	11037	19193
44	19760	11772
45	19644	7428
46	16076	3521
47	11779	21062
48	13062	9682
49	8934	5217
50	11087	3319
51	18892	4356
52	7894	3898
53	5963	4360
54	7346	11726
55	5182	5609
56	2412	17295
57	9845	20494
58	6687	1864
59	20564	5216
0	18226	17207
1	9380	8266
2	7073	3065
3	18252	13437
4	9161	15642
5	10714	10153
6	11585	9078
7	5359	9418
8	9024	9515
9	1206	16354
10	14994	1102
11	9375	20796
12	15964	6027
13	14789	6452
14	8002	18591
15	14742	14089
16	253	3045
17	1274	19286
18	14777	2044
19	13920	9900
20	452	7374

FIG. 40

21	18206	9921
22	6131	5414
23	10077	9726
24	12045	5479
25	4322	7990
26	15616	5550
27	15561	10661
28	20718	7387
29	2518	18804
30	8984	2600
31	6516	17909
32	11148	98
33	20559	3704
34	7510	1569
35	16000	11692
36	9147	10303
37	16650	191
38	15577	18685
39	17167	20917
40	4256	3391
41	20092	17219
42	9218	5056
43	18429	8472
44	12093	20753
45	16345	12748
46	16023	11095
47	5048	17595
48	18995	4817
49	16483	3536
50	1439	16148
51	3661	3039
52	19010	18121
53	8968	11793
54	13427	18003
55	5303	3083
56	531	16668
57	4771	6722
58	5695	7960
59	3589	14630

FIG.41

r3/4 16K	
3	3198 478 4207 1481 1009 2616 1924 3437 554 683 1801
4	2681 2135
5	3107 4027
6	2637 3373
7	3830 3449
8	4129 2060
9	4184 2742
10	3946 1070
11	2239 984
0	1458 3031
1	3003 1328
2	1137 1716
3	132 3725
4	1817 638
5	1774 3447
6	3632 1257
7	542 3694
8	1015 1945
9	1948 412
10	995 2238
11	4141 1907
0	2480 3079
1	3021 1088
2	713 1379
3	997 3903
4	2323 3361
5	1110 986
6	2532 142
7	1690 2405
8	1298 1881
9	615 174
10	1648 3112
11	1415 2808

TABLA DE VALORES INICIALES DE MATRIZ DE COMPROBACIÓN DE PARIDAD DONDE  $r = \frac{3}{4}$ , N=16200



FIG. 43

40	15617	8146
41	4588	11218
42	13660	6243
43	8578	7874
44	11741	2686
0	1022	1264
1	12604	9965
2	8217	2707
3	3156	11793
4	354	1514
5	6978	14058
6	7922	16079
7	15087	12138
8	5053	6470
9	12687	14932
10	15458	1763
11	8121	1721
12	12431	549
13	4129	7091
14	1426	8415
15	9783	7604
16	6295	11329
17	1409	12061
18	8065	9087
19	2918	8438
20	1293	14115
21	3922	13851
22	3851	4000
23	5865	1768
24	2655	14957
25	5565	6332
26	4303	12631
27	11653	12236
28	16025	7632
29	4655	14128
30	9584	13123
31	13987	9597
32	15409	12110
33	8754	15490
34	7416	15325
35	2909	15549

FIG. 44

36 2995 8257  
37 9406 4791  
38 11111 4854  
39 2812 8521  
40 8476 14717  
41 7820 15360  
42 1179 7939  
43 2357 8678  
44 7703 6216  
0 3477 7067  
1 3931 13845  
2 7675 12899  
3 1754 8187  
4 7785 1400  
5 9213 5891  
6 2494 7703  
7 2576 7902  
8 4821 15682  
9 10426 11935  
10 1810 904  
11 11332 9264  
12 11312 3570  
13 14916 2650  
14 7679 7842  
15 6089 13084  
16 3938 2751  
17 8509 4648  
18 12204 8917  
19 5749 12443  
20 12613 4431  
21 1344 4014  
22 8488 13850  
23 1730 14896  
24 14942 7126  
25 14983 8863  
26 6578 8564  
27 4947 396  
28 297 12805  
29 13878 6692  
30 11857 11186  
31 14395 11493

FIG. 45

32	16145	12251
33	13462	7428
34	14526	13119
35	2535	11243
36	6465	12690
37	6872	9334
38	15371	14023
39	8101	10187
40	11963	4848
41	15125	6119
42	8051	14465
43	11139	5167
44	2883	14521

FIG.46

r4/5 16K		
5	896	1565
6	2493	184
7	212	3210
8	727	1339
9	3428	612
0	2663	1947
1	230	2695
2	2025	2794
3	3039	283
4	862	2889
5	376	2110
6	2034	2286
7	951	2068
8	3108	3542
9	307	1421
0	2272	1197
1	1800	3280
2	331	2308
3	465	2552
4	1038	2479
5	1383	343
6	94	236
7	2619	121
8	1497	2774
9	2116	1855
0	722	1584
1	2767	1881
2	2701	1610
3	3283	1732
4	168	1099
5	3074	243
6	3460	945
7	2049	1746
8	566	1427
9	3545	1168

TABLA DE VALORES INICIALES DE MATRIZ DE COMPROBACIÓN DE PARIDAD DONDE  $r = \frac{4}{5}$ , N=16200

FIG.47

TABLA DE VALORES INICIALES DE MATRIZ DE COMPROBACIÓN DE PARIDAD DONDE  $r = \frac{4}{5}$ , N=64800

r4/5 64K	s
0	149 11212 5575 6360 12559 8108 8505 408 10028 12828
1	5237 490 10677 4998 3869 3734 3092 3509 7703 10305
2	8742 5553 2820 7085 12116 10485 564 7795 2972 2157
3	2699 4304 8350 712 2841 3250 4731 10105 517 7516
4	12067 1351 11992 12191 11267 5161 537 6166 4246 2363
5	6828 7107 2127 3724 5743 11040 10756 4073 1011 3422
6	11259 1216 9526 1466 10816 940 3744 2815 11506 11573
7	4549 11507 1118 1274 11751 5207 7854 12803 4047 6484
8	8430 4115 9440 413 4455 2262 7915 12402 8579 7052
9	3885 9126 5665 4505 2343 253 4707 3742 4166 1556
10	1704 8936 6775 8639 8179 7954 8234 7850 8883 8713
11	11716 4344 9087 11264 2274 8832 9147 11930 6054 5455
12	7323 3970 10329 2170 8262 3854 2087 12899 9497 11700
13	4418 1467 2490 5841 817 11453 533 11217 11962 5251
14	1541 4525 7976 3457 9536 7725 3788 2982 6307 5997
15	11484 2739 4023 12107 6516 551 2572 6628 8150 9852
16	6070 1761 4627 6534 7913 3730 11866 1813 12306 8249
17	12441 5489 8748 7837 7660 2102 11341 2936 6712 11977
18	10155 4210
19	1010 10483
20	8900 10250
21	10243 12278
22	7070 4397
23	12271 3887
24	11980 6836
25	9514 4356
26	7137 10281
27	11881 2526
28	1969 11477
29	3044 10921
30	2236 8724
31	9104 6340
32	7342 8582
33	11675 10405
34	6467 12775
35	3186 12198
0	9621 11445
1	7486 5611
2	4319 4879
3	2196 344

FIG. 48

4 7527 6650  
5 10693 2440  
6 6755 2706  
7 5144 5998  
8 11043 8033  
9 4846 4435  
10 4157 9228  
11 12270 6562  
12 11954 7592  
13 7420 2592  
14 8810 9636  
15 689 5430  
16 920 1304  
17 1253 11934  
18 9559 6016  
19 312 7589  
20 4439 4197  
21 4002 9555  
22 12232 7779  
23 1494 8782  
24 10749 3969  
25 4368 3479  
26 6316 5342  
27 2455 3493  
28 12157 7405  
29 6598 11495  
30 11805 4455  
31 9625 2090  
32 4731 2321  
33 3578 2608  
34 8504 1849  
35 4027 1151  
0 5647 4935  
1 4219 1870  
2 10968 8054  
3 6970 5447  
4 3217 5638  
5 8972 669  
6 5618 12472  
7 1457 1280  
8 8868 3883

FIG.49

9	8866	1224
10	8371	5972
11	266	4405
12	3706	3244
13	6039	5844
14	7200	3283
15	1502	11282
16	12318	2202
17	4523	965
18	9587	7011
19	2552	2051
20	12045	10306
21	11070	5104
22	6627	6906
23	9889	2121
24	829	9701
25	2201	1819
26	6689	12925
27	2139	8757
28	12004	5948
29	8704	3191
30	8171	10933
31	6297	7116
32	616	7146
33	5142	9761
34	10377	8138
35	7616	5811
0	7285	9863
1	7764	10867
2	12343	9019
3	4414	8331
4	3464	642
5	6960	2039
6	786	3021
7	710	2086
8	7423	5601
9	8120	4885
10	12385	11990
11	9739	10034
12	424	10162
13	1347	7597

FIG. 50

14	1450	112
15	7965	8478
16	8945	7397
17	6590	8316
18	6838	9011
19	6174	9410
20	255	113
21	6197	5835
22	12902	3844
23	4377	3505
24	5478	8672
25	4453	2132
26	9724	1380
27	12131	11526
28	12323	9511
29	8231	1752
30	497	9022
31	9288	3080
32	2481	7515
33	2696	268
34	4023	12341
35	7108	5553

FIG.51

r5/6	16K
3	2409 499 1481 908 559 716 1270 333 2508 2264 1702 2805
4	2447 1926
5	414 1224
6	2114 842
7	212 573
0	2383 2112
1	2286 2348
2	545 819
3	1264 143
4	1701 2258
5	964 166
6	114 2413
7	2243 81
0	1245 1581
1	775 169
2	1696 1104
3	1914 2831
4	532 1450
5	91 974
6	497 2228
7	2326 1579
0	2482 256
1	1117 1261
2	1257 1658
3	1478 1225
4	2511 980
5	2320 2675
6	435 1278
7	228 503
0	1885 2369
1	57 483
2	838 1050
3	1231 1990
4	1738 68
5	2392 951
6	163 645
7	2644 1704

TABLA DE VALORES INICIALES DE MATRIZ DE COMPROBACIÓN DE PARIDAD DONDE  $r = \frac{5}{6}$ , N=16200

FIG.52

TABLA DE VALORES INICIALES DE MATRIZ DE COMPROBACIÓN DE PARIDAD DONDE  $r = \frac{5}{6}$ , N=64800

r5/6 64K	s
0	4362 416 8909 4156 3216 3112 2560 2912 6405 8593 4969 6723
1	2479 1786 8978 3011 4339 9313 6397 2957 7288 5484 6031 10217
2	10175 9009 9889 3091 4985 7267 4092 8874 5671 2777 2189 8716
3	9052 4795 3924 3370 10058 1128 9996 10165 9360 4297 434 5138
4	2379 7834 4835 2327 9843 804 329 8353 7167 3070 1528 7311
5	3435 7871 348 3693 1876 6585 10340 7144 5870 2084 4052 2780
6	3917 3111 3476 1304 10331 5939 5199 1611 1991 699 8316 9960
7	6883 3237 1717 10752 7891 9764 4745 3888 10009 4176 4614 1567
8	10587 2195 1689 2968 5420 2580 2883 6496 111 6023 1024 4449
9	3786 8593 2074 3321 5057 1450 3840 5444 6572 3094 9892 1512
10	8548 1848 10372 4585 7313 6536 6379 1766 9462 2456 5606 9975
11	8204 10593 7935 3636 3882 394 5968 8561 2395 7289 9267 9978
12	7795 74 1633 9542 6867 7352 6417 7568 10623 725 2531 9115
13	7151 2482 4260 5003 10105 7419 9203 6691 8798 2092 8263 3755
14	3600 570 4527 200 9718 6771 1995 8902 5446 768 1103 6520
15	6304 7621
16	6498 9209
17	7293 6786
18	5950 1708
19	8521 1793
20	6174 7854
21	9773 1190
22	9517 10268
23	2181 9349
24	1949 5560
25	1556 555
26	8600 3827
27	5072 1057
28	7928 3542
29	3226 3762
0	7045 2420
1	9645 2641
2	2774 2452
3	5331 2031
4	9400 7503
5	1850 2338
6	10456 9774
7	1692 9276
8	10037 4038
9	3964 338

FIG.53

10 2640 5087  
11 858 3473  
12 5582 5683  
13 9523 916  
14 4107 1559  
15 4506 3491  
16 8191 4182  
17 10192 6157  
18 5668 3305  
19 3449 1540  
20 4766 2697  
21 4069 6675  
22 1117 1016  
23 5619 3085  
24 8483 8400  
25 8255 394  
26 6338 5042  
27 6174 5119  
28 7203 1989  
29 1781 5174  
0 1464 3559  
1 3376 4214  
2 7238 67  
3 10595 8831  
4 1221 6513  
5 5300 4652  
6 1429 9749  
7 7878 5131  
8 4435 10284  
9 6331 5507  
10 6662 4941  
11 9614 10238  
12 8400 8025  
13 9156 5630  
14 7067 8878  
15 9027 3415  
16 1690 3866  
17 2854 8469  
18 6206 630  
19 363 5453  
20 4125 7008

FIG.54

21 1612 6702  
22 9069 9226  
23 5767 4060  
24 3743 9237  
25 7018 5572  
26 8892 4536  
27 853 6064  
28 8069 5893  
29 2051 2885  
0 10691 3153  
1 3602 4055  
2 328 1717  
3 2219 9299  
4 1939 7898  
5 617 206  
6 8544 1374  
7 10676 3240  
8 6672 9489  
9 3170 7457  
10 7868 5731  
11 6121 10732  
12 4843 9132  
13 580 9591  
14 6267 9290  
15 3009 2268  
16 195 2419  
17 8016 1557  
18 1516 9195  
19 8062 9064  
20 2095 8968  
21 753 7326  
22 6291 3833  
23 2614 7844  
24 2303 646  
25 2075 611  
26 4687 362  
27 8684 9940  
28 4830 2065  
29 7038 1363  
0 1769 7837  
1 3801 1689

FIG.55

2	10070	2359
3	3667	9918
4	1914	6920
5	4244	5669
6	10245	7821
7	7648	3944
8	3310	5488
9	6346	9666
10	7088	6122
11	1291	7827
12	10592	8945
13	3609	7120
14	9168	9112
15	6203	8052
16	3330	2895
17	4264	10563
18	10556	6496
19	8807	7645
20	1999	4530
21	9202	6818
22	3403	1734
23	2106	9023
24	6881	3883
25	3895	2171
26	4062	6424
27	3755	9536
28	4683	2131
29	7347	8027

FIG.56

TABLA DE VALORES INICIALES DE MATRIZ DE COMPROBACIÓN DE PARIDAD DONDE  $r = \frac{8}{9}$ , N=16200

r8/9	16K
0	1568 712 805
1	1450 873 1337
2	1741 1129 1184
3	294 806 1566
4	482 605 923
0	926 1578
1	777 1374
2	608 151
3	1195 210
4	1484 692
0	427 488
1	828 1124
2	874 1366
3	1500 835
4	1496 502
0	1006 1701
1	1155 97
2	657 1403
3	1453 624
4	429 1495
0	809 385
1	367 151
2	1323 202
3	960 318
4	1451 1039
0	1098 1722
1	1015 1428
2	1261 1564
3	544 1190
4	1472 1246
0	508 630
1	421 1704
2	284 898
3	392 577
4	1155 556
0	631 1000
1	732 1368
2	1328 329
3	1515 506
4	1104 1172

## FIG.57

TABLA DE VALORES INICIALES DE MATRIZ DE COMPROBACIÓN DE PARIDAD DONDE  $r = \frac{8}{9}$ ,  $N=64800$

r8/9 64K	s
0	6235 2848 3222
1	5800 3492 5348
2	2757 927 90
3	6961 4516 4739
4	1172 3237 6264
5	1927 2425 3683
6	3714 6309 2495
7	3070 6342 7154
8	2428 613 3761
9	2906 264 5927
10	1716 1950 4273
11	4613 6179 3491
12	4865 3286 6005
13	1343 5923 3529
14	4589 4035 2132
15	1579 3920 6737
16	1644 1191 5998
17	1482 2381 4620
18	6791 6014 6596
19	2738 5918 3786
0	5156 6166
1	1504 4356
2	130 1904
3	6027 3187
4	6718 759
5	6240 2870
6	2343 1311
7	1039 5465
8	6617 2513
9	1588 5222
10	6561 535
11	4765 2054
12	5966 6892
13	1969 3869
14	3571 2420
15	4632 981
16	3215 4163
17	973 3117
18	3802 6198
19	3794 3948

FIG. 58

0	3196	6126
1	573	1909
2	850	4034
3	5622	1601
4	6005	524
5	5251	5783
6	172	2032
7	1875	2475
8	497	1291
9	2566	3430
10	1249	740
11	2944	1948
12	6528	2899
13	2243	3616
14	867	3733
15	1374	4702
16	4698	2285
17	4760	3917
18	1859	4058
19	6141	3527
0	2148	5066
1	1306	145
2	2319	871
3	3463	1061
4	5554	6647
5	5837	339
6	5821	4932
7	6356	4756
8	3930	418
9	211	3094
10	1007	4928
11	3584	1235
12	6982	2869
13	1612	1013
14	953	4964
15	4555	4410
16	4925	4842
17	5778	600
18	6509	2417
19	1260	4903
0	3369	3031

FIG.59

1 3557 3224  
2 3028 583  
3 3258 440  
4 6226 6655  
5 4895 1094  
6 1481 6847  
7 4433 1932  
8 2107 1649  
9 2119 2065  
10 4003 6388  
11 6720 3622  
12 3694 4521  
13 1164 7050  
14 1965 3613  
15 4331 66  
16 2970 1796  
17 4652 3218  
18 1762 4777  
19 5736 1399  
0 970 2572  
1 2062 6599  
2 4597 4870  
3 1228 6913  
4 4159 1037  
5 2916 2362  
6 395 1226  
7 6911 4548  
8 4618 2241  
9 4120 4280  
10 5825 474  
11 2154 5558  
12 3793 5471  
13 5707 1595  
14 1403 325  
15 6601 5183  
16 6369 4569  
17 4846 896  
18 7092 6184  
19 6764 7127  
0 6358 1951  
1 3117 6960

FIG.60

2	2710	7062
3	1133	3604
4	3694	657
5	1355	110
6	3329	6736
7	2505	3407
8	2462	4806
9	4216	214
10	5348	5619
11	6627	6243
12	2644	5073
13	4212	5088
14	3463	3889
15	5306	478
16	4320	6121
17	3961	1125
18	5699	1195
19	6511	792
0	3934	2778
1	3238	6587
2	1111	6596
3	1457	6226
4	1446	3885
5	3907	4043
6	6839	2873
7	1733	5615
8	5202	4269
9	3024	4722
10	5445	6372
11	370	1828
12	4695	1600
13	680	2074
14	1801	6690
15	2669	1377
16	2463	1681
17	5972	5171
18	5728	4284
19	1696	1459

# FIG.61

TABLA DE VALORES INICIALES DE MATRIZ DE COMPROBACIÓN DE PARIDAD DONDE  $r = \frac{9}{10}$ , N=64800

r9/10 64K			
0	5611	2563	2900
1	5220	3143	4813
2	2481	834	81
3	6265	4064	4265
4	1055	2914	5638
5	1734	2182	3315
6	3342	5678	2246
7	2185	552	3385
8	2615	236	5334
9	1546	1755	3846
10	4154	5561	3142
11	4382	2957	5400
12	1209	5329	3179
13	1421	3528	6063
14	1480	1072	5398
15	3843	1777	4369
16	1334	2145	4163
17	2368	5055	260
0	6118	5405	
1	2994	4370	
2	3405	1669	
3	4640	5550	
4	1354	3921	
5	117	1713	
6	5425	2866	
7	6047	683	
8	5616	2582	
9	2108	1179	
10	933	4921	
11	5953	2261	
12	1430	4699	
13	5905	480	
14	4289	1846	
15	5374	6208	
16	1775	3476	
17	3216	2178	
0	4165	884	
1	2896	3744	
2	874	2801	
3	3423	5579	

FIG.62

4	3404	3552
5	2876	5515
6	516	1719
7	765	3631
8	5059	1441
9	5629	598
10	5405	473
11	4724	5210
12	155	1832
13	1689	2229
14	449	1164
15	2308	3088
16	1122	669
17	2268	5758
0	5878	2609
1	782	3359
2	1231	4231
3	4225	2052
4	4286	3517
5	5531	3184
6	1935	4560
7	1174	131
8	3115	956
9	3129	1088
10	5238	4440
11	5722	4280
12	3540	375
13	191	2782
14	906	4432
15	3225	1111
16	6296	2583
17	1457	903
0	855	4475
1	4097	3970
2	4433	4361
3	5198	541
4	1146	4426
5	3202	2902
6	2724	525
7	1083	4124
8	2326	6003

FIG.63

9	5605	5990
10	4376	1579
11	4407	984
12	1332	6163
13	5359	3975
14	1907	1854
15	3601	5748
16	6056	3266
17	3322	4085
0	1768	3244
1	2149	144
2	1589	4291
3	5154	1252
4	1855	5939
5	4820	2706
6	1475	3360
7	4266	693
8	4156	2018
9	2103	752
10	3710	3853
11	5123	931
12	6146	3323
13	1939	5002
14	5140	1437
15	1263	293
16	5949	4665
17	4548	6380
0	3171	4690
1	5204	2114
2	6384	5565
3	5722	1757
4	2805	6264
5	1202	2616
6	1018	3244
7	4018	5289
8	2257	3067
9	2483	3073
10	1196	5329
11	649	3918
12	3791	4581
13	5028	3803

FIG.64

14	3119	3506
15	4779	431
16	3888	5510
17	4387	4084
0	5836	1692
1	5126	1078
2	5721	6165
3	3540	2499
4	2225	6348
5	1044	1484
6	6323	4042
7	1313	5603
8	1303	3496
9	3516	3639
10	5161	2293
11	4682	3845
12	3045	643
13	2818	2616
14	3267	649
15	6236	593
16	646	2948
17	4213	1442
0	5779	1596
1	2403	1237
2	2217	1514
3	5609	716
4	5155	3858
5	1517	1312
6	2554	3158
7	5280	2643
8	4990	1353
9	5648	1170
10	1152	4366
11	3561	5368
12	3581	1411
13	5647	4661
14	1542	5401
15	5078	2687
16	316	1755
17	3392	1991

## FIG. 65

r1/4 64K

23606	36098	1140	28859	18148	18510	6226	540	42014	20879	23802	47088
16419	24928	16609	17248	7693	24997	42587	16858	34921	21042	37024	20692
1874	40094	18704	14474	14004	11519	13106	28826	38669	22363	30255	31105
22254	40564	22645	22532	6134	9176	39998	23892	8937	15608	16854	31009
8037	40401	13550	19526	41902	28782	13304	32796	24679	27140	45980	10021
40540	44498	13911	22435	32701	18405	39929	25521	12497	9851	39223	34823
15233	45333	5041	44979	45710	42150	19416	1892	23121	15860	8832	10308
10468	44296	3611	1480	37581	32254	13817	6883	32892	40258	46538	11940
6705	21634	28150	43757	895	6547	20970	28914	30117	25736	41734	11392
22002	5739	27210	27828	34192	37992	10915	6998	3824	42130	4494	35739
8515	1191	13642	30950	25943	12673	16726	34261	31828	3340	8747	39225
18979	17058	43130	4246	4793	44030	19454	29511	47929	15174	24333	19354
16694	8381	29542	46516	32224	26344	9405	18292	12437	27316	35466	41992
15642	5871	46489	26723	23396	7257	8974	3156	37420	44823	35423	13541
42858	32008	41282	38773	26570	2702	27260	46974	1469	20887	27426	38553
22152	24261	8297									
19347	9978	27802									
34991	6354	33561									
29782	30875	29523									
9278	48512	14349									
38061	4165	43878									
8548	33172	34410									
22535	28811	23950									
20439	4027	24186									
38618	8187	30947									
35538	43880	21459									
7091	45616	15063									
5505	9315	21908									
36046	32914	11836									
7304	39782	33721									
16905	29962	12980									
11171	23709	22460									
34541	9937	44500									
14035	47316	8815									
15057	45482	24461									
30518	36877	879									
7583	13364	24332									
448	27056	4682									
12083	31378	21670									
1159	18031	2221									
17028	38715	9350									
17343	24530	29574									

FIG. 66

46128	31039	32818
20373	36967	18345
46685	20622	32806

## FIG. 67

r1/3 64K

```

34903 20927 32093 1052 25611 16093 16454 5520 506 37399 18518 21120
11636 14594 22158 14763 15333 6838 22222 37856 14985 31041 18704 32910
17449 1665 35639 16624 12867 12449 10241 11650 25622 34372 19878 26894
29235 19780 36056 20129 20029 5457 8157 35554 21237 7943 13873 14980
9912 7143 35911 12043 17360 37253 25588 11827 29152 21936 24125 40870
40701 36035 39556 12366 19946 29072 16365 35495 22686 11106 8756 34863
19165 15702 13536 40238 4455 40034 40590 37540 17162 1712 20577 14138
31338 19342 9301 39375 3211 1316 33409 28670 12282 6118 29236 35787
11504 30506 19558 5100 24188 24738 30397 33775 9699 6215 3397 37451
34689 23126 7571 1058 12127 27518 23064 11265 14867 30451 28289 2966
11660 15334 16867 15160 38343 3778 4265 39139 17293 26229 42604 13486
31497 1365 14828 7453 26350 41346 28643 23421 8354 16255 11055 24279
15687 12467 13906 5215 41328 23755 20800 6447 7970 2803 33262 39843
5363 22469 38091 28457 36696 34471 23619 2404 24229 41754 1297 18563
3673 39070 14480 30279 37483 7580 29519 30519 39831 20252 18132 20010
34386 7252 27526 12950 6875 43020 31566 39069 18985 15541 40020 16715
1721 37332 39953 17430 32134 29162 10490 12971 28561 29331 6489 35383
736 7022 42349 8783 6767 11871 21675 10325 11548 25978 431 24085
1925 10602 28585 12170 15156 34404 8351 13273 20208 5800 15367 21764
16279 37832 34792 21250 34192 7406 41488 18346 29227 26127 25493 7048
39948 28229 24899
17408 14274 38993
38774 15968 28459
41404 27249 27425
41229 6082 43114
13957 4979 40654
3093 3438 34992
34082 6172 28760
42210 34141 41021
14705 17783 10134
41755 39884 22773
14615 15593 1642
29111 37061 39860
9579 33552 633
12951 21137 39608
38244 27361 29417
2939 10172 36479
29094 5357 19224
9562 24436 28637

```

FIG. 68

40177	2326	13504
6834	21583	42516
40651	42810	25709
31557	32138	38142
18624	41867	39296
37560	14295	16245
6821	21679	31570
25339	25083	22081
8047	697	35268
9884	17073	19995
26848	35245	8390
18658	16134	14807
12201	32944	5035
25236	1216	38986
42994	24782	8681
28321	4932	34249
4107	29382	32124
22157	2624	14468
38788	27081	7936
4368	26148	10578
25353	4122	39751

FIG. 69

r2/5 64K

31413	18834	28884	947	23050	14484	14809	4968	455	33659	16666	19008
13172	19939	13354	13719	6132	20086	34040	13442	27958	16813	29619	16553
1499	32075	14962	11578	11204	9217	10485	23062	30936	17892	24204	24885
32490	18086	18007	4957	7285	32073	19038	7152	12486	13483	24808	21759
32321	10839	15620	33521	23030	10646	26236	19744	21713	36784	8016	12869
35597	11129	17948	26160	14729	31943	20416	10000	7882	31380	27858	33356
14125	12131	36199	4058	35992	36594	33698	15475	1566	18498	12725	7067
17406	8372	35437	2888	1184	30068	25802	11056	5507	26313	32205	37232
15254	5365	17308	22519	35009	718	5240	16778	23131	24092	20587	33385
27455	17602	4590	21767	22266	27357	30400	8732	5596	3060	33703	3596
6882	873	10997	24738	20770	10067	13379	27409	25463	2673	6998	31378
15181	13645	34501	3393	3840	35227	15562	23615	38342	12139	19471	15483
13350	6707	23709	37204	25778	21082	7511	14588	10010	21854	28375	33591
12514	4695	37190	21379	18723	5802	7182	2529	29936	35860	28338	10835
34283	25610	33026	31017	21259	2165	21807	37578	1175	16710	21939	30841
27292	33730	6836	26476	27539	35784	18245	16394	17939	23094	19216	17432
11655	6183	38708	28408	35157	17089	13998	36029	15052	16617	5638	36464
15693	28923	26245	9432	11675	25720	26405	5838	31851	26898	8090	37037
24418	27583	7959	35562	37771	17784	11382	11156	37855	7073	21685	34515
10977	13633	30969	7516	11943	18199	5231	13825	19589	23661	11150	35602
19124	30774	6670	37344	16510	26317	23518	22957	6348	34069	8845	20175
34985	14441	25668	4116	3019	21049	37308	24551	24727	20104	24850	12114
38187	28527	13108	13985	1425	21477	30807	8613	26241	33368	35913	32477
5903	34390	24641	26556	23007	27305	38247	2621	9122	32806	21554	18685
17287	27292	19033									
25796	31795	12152									
12184	35088	31226									
38263	33386	24892									
23114	37995	29796									
34336	10551	36245									
35407	175	7203									
14654	38201	22605									
28404	6595	1018									
19932	3524	29305									
31749	20247	8128									
18026	36357	26735									
7543	29767	13588									
13333	25965	8463									
14504	36796	19710									
4528	25299	7318									
35091	25550	14798									

FIG.70

7824	215	1248
30848	5362	17291
28932	30249	27073
13062	2103	16206
7129	32062	19612
9512	21936	38833
35849	33754	23450
18705	28656	18111
22749	27456	32187
28229	31684	30160
15293	8483	28002
14880	13334	12584
28646	2558	19687
6259	4499	26336
11952	28386	8405
10609	961	7582
10423	13191	26818
15922	36654	21450
10492	1532	1205
30551	36482	22153
5156	11330	34243
28616	35369	13322
8962	1485	21186
23541	17445	35561
33133	11593	19895
33917	7863	33651
20063	28331	10702
13195	21107	21859
4364	31137	4804
5585	2037	4830
30672	16927	14800

## FIG. 71

r1/2	64K
54	9318 14392 27561 26909 10219 2534 8597
55	7263 4635 2530 28130 3033 23830 3651
56	24731 23583 26036 17299 5750 792 9169
57	5811 26154 18653 11551 15447 13685 16264
58	12610 11347 28768 2792 3174 29371 12997
59	16789 16018 21449 6165 21202 15850 3186
60	31016 21449 17618 6213 12166 8334 18212
61	22836 14213 11327 5896 718 11727 9308
62	2091 24941 29966 23634 9013 15587 5444
63	22207 3983 16904 28534 21415 27524 25912
64	25687 4501 22193 14665 14798 16158 5491
65	4520 17094 23397 4264 22370 16941 21526
66	10490 6182 32370 9597 30841 25954 2762
67	22120 22865 29870 15147 13668 14955 19235
68	6689 18408 18346 9918 25746 5443 20645
69	29982 12529 13858 4746 30370 10023 24828
70	1262 28032 29888 13063 24033 21951 7863
71	6594 29642 31451 14831 9509 9335 31552
72	1358 6454 16633 20354 24598 624 5265
73	19529 295 18011 3080 13364 8032 15323
74	11981 1510 7960 21462 9129 11370 25741
75	9276 29656 4543 30699 20646 21921 28050
76	15975 25634 5520 31119 13715 21949 19605
77	18688 4608 31755 30165 13103 10706 29224
78	21514 23117 12245 26035 31656 25631 30699
79	9674 24966 31285 29908 17042 24588 31857
80	21856 27777 29919 27000 14897 11409 7122
81	29773 23310 263 4877 28622 20545 22092
82	15605 5651 21864 3967 14419 22757 15896
83	30145 1759 10139 29223 26086 10556 5098
84	18815 16575 2936 24457 26738 6030 505
85	30326 22298 27562 20131 26390 6247 24791
86	928 29246 21246 12400 15311 32309 18608
87	20314 6025 26689 16302 2296 3244 19613
88	6237 11943 22851 15642 23857 15112 20947
89	26403 25168 19038 18384 8882 12719 7093
0	14567 24965
1	3908 100
2	10279 240

FIG.72

3	24102	764
4	12383	4173
5	13861	15918
6	21327	1046
7	5288	14579
8	28158	8069
9	16583	11098
10	16681	28363
11	13980	24725
12	32169	17989
13	10907	2767
14	21557	3818
15	26676	12422
16	7676	8754
17	14905	20232
18	15719	24646
19	31942	8589
20	19978	27197
21	27060	15071
22	6071	26649
23	10393	11176
24	9597	13370
25	7081	17677
26	1433	19513
27	26925	9014
28	19202	8900
29	18152	30647
30	20803	1737
31	11804	25221
32	31683	17783
33	29694	9345
34	12280	26611
35	6526	26122
36	26165	11241
37	7666	26962
38	16290	8480
39	11774	10120
40	30051	30426
41	1335	15424
42	6865	17742
43	31779	12489
44	32120	21001
45	14508	6996

FIG.73

46	979	25024
47	4554	21896
48	7989	21777
49	4972	20661
50	6612	2730
51	12742	4418
52	29194	595
53	19267	20113

## FIG.74

r3/5 64K

22422 10282 11626 19997 11161 2922 3122 99 5625 17064 8270 179  
25087 16218 17015 828 20041 25656 4186 11629 22599 17305 22515 6463  
11049 22853 25706 14388 5500 19245 8732 2177 13555 11346 17265 3069  
16581 22225 12563 19717 23577 11555 25496 6853 25403 5218 15925 21766  
16529 14487 7643 10715 17442 11119 5679 14155 24213 21000 1116 15620  
5340 8636 16693 1434 5635 6516 9482 20189 1066 15013 25361 14243  
18506 22236 20912 8952 5421 15691 6126 21595 500 6904 13059 6802  
8433 4694 5524 14216 3685 19721 25420 9937 23813 9047 25651 16826  
21500 24814 6344 17382 7064 13929 4004 16552 12818 8720 5286 2206  
22517 2429 19065 2921 21611 1873 7507 5661 23006 23128 20543 19777  
1770 4636 20900 14931 9247 12340 11008 12966 4471 2731 16445 791  
6635 14556 18865 22421 22124 12697 9803 25485 7744 18254 11313 9004  
19982 23963 18912 7206 12500 4382 20067 6177 21007 1195 23547 24837  
756 11158 14646 20534 3647 17728 11676 11843 12937 4402 8261 22944  
9306 24009 10012 11081 3746 24325 8060 19826 842 8836 2898 5019  
7575 7455 25244 4736 14400 22981 5543 8006 24203 13053 1120 5128  
3482 9270 13059 15825 7453 23747 3656 24585 16542 17507 22462 14670  
15627 15290 4198 22748 5842 13395 23918 16985 14929 3726 25350 24157  
24896 16365 16423 13461 16615 8107 24741 3604 25904 8716 9604 20365  
3729 17245 18448 9862 20831 25326 20517 24618 13282 5099 14183 8804  
16455 17646 15376 18194 25528 1777 6066 21855 14372 12517 4488 17490  
1400 8135 23375 20879 8476 4084 12936 25536 22309 16582 6402 24360  
25119 23586 128 4761 10443 22536 8607 9752 25446 15053 1856 4040  
377 21160 13474 5451 17170 5938 10256 11972 24210 17833 22047 16108  
13075 9648 24546 13150 23867 7309 19798 2988 16858 4825 23950 15125  
20526 3553 11525 23366 2452 17626 19265 20172 18060 24593 13255 1552  
18839 21132 20119 15214 14705 7096 10174 5663 18651 19700 12524 14033  
4127 2971 17499 16287 22368 21463 7943 18880 5567 8047 23363 6797  
10651 24471 14325 4081 7258 4949 7044 1078 797 22910 20474 4318  
21374 13231 22985 5056 3821 23718 14178 9978 19030 23594 8895 25358  
6199 22056 7749 13310 3999 23697 16445 22636 5225 22437 24153 9442  
7978 12177 2893 20778 3175 8645 11863 24623 10311 25767 17057 3691  
20473 11294 9914 22815 2574 8439 3699 5431 24840 21908 16088 18244  
8208 5755 19059 8541 24924 6454 11234 10492 16406 10831 11436 9649  
16264 11275 24953 2347 12667 19190 7257 7174 24819 2938 2522 11749  
3627 5969 13862 1538 23176 6353 2855 17720 2472 7428 573 15036  
0 18539 18661  
1 10502 3002  
2 9368 10761

FIG.75

3	12299	7828
4	15048	13362
5	18444	24640
6	20775	19175
7	18970	10971
8	5329	19982
9	11296	18655
10	15046	20659
11	7300	22140
12	22029	14477
13	11129	742
14	13254	13813
15	19234	13273
16	6079	21122
17	22782	5828
18	19775	4247
19	1660	19413
20	4403	3649
21	13371	25851
22	22770	21784
23	10757	14131
24	16071	21617
25	6393	3725
26	597	19968
27	5743	8084
28	6770	9548
29	4285	17542
30	13568	22599
31	1786	4617
32	23238	11648
33	19627	2030
34	13601	13458
35	13740	17328
36	25012	13944
37	22513	6687
38	4934	12587
39	21197	5133
40	22705	6938
41	7534	24633
42	24400	12797
43	21911	25712
44	12039	1140
45	24306	1021

FIG.76

46	14012	20747
47	11265	15219
48	4670	15531
49	9417	14359
50	2415	6504
51	24964	24690
52	14443	8816
53	6926	1291
54	6209	20806
55	13915	4079
56	24410	13196
57	13505	6117
58	9869	8220
59	1570	6044
60	25780	17387
61	20671	24913
62	24558	20591
63	12402	3702
64	8314	1357
65	20071	14616
66	17014	3688
67	19837	946
68	15195	12136
69	7758	22808
70	3564	2925
71	3434	7769

FIG.77

r1/4 16K
6295 9626 304 7695 4839 4936 1660 144 11203 5567 6347 12557
10691 4988 3859 3734 3071 3494 7687 10313 5964 8069 8296 11090
10774 3613 5208 11177 7676 3549 8746 6583 7239 12265 2674 4292
11869 3708 5981 8718 4908 10650 6805 3334 2627 10461 9285 11120
7844 3079 10773
3385 10854 5747
1360 12010 12202
6189 4241 2343
9840 12726 4977

FIG.78

r1/3 16K												
416	8909	4156	3216	3112	2560	2912	6405	8593	4969	6723	6912	
8978	3011	4339	9312	6396	2957	7288	5485	6031	10218	2226	3575	
3383	10059	1114	10008	10147	9384	4290	434	5139	3536	1965	2291	
2797	3693	7615	7077	743	1941	8716	6215	3840	5140	4582	5420	
6110	8551	1515	7404	4879	4946	5383	1831	3441	9569	10472	4306	
1505	5682	7778										
7172	6830	6623										
7281	3941	3505										
10270	8669	914										
3622	7563	9388										
9930	5058	4554										
4844	9609	2707										
6883	3237	1714										
4768	3878	10017										
10127	3334	8267										

FIG.79

r2/5 16K												
5650	4143	8750	583	6720	8071	635	1767	1344	6922	738	6658	
5696	1685	3207	415	7019	5023	5608	2605	857	6915	1770	8016	
3992	771	2190	7258	8970	7792	1802	1866	6137	8841	886	1931	
4108	3781	7577	6810	9322	8226	5396	5867	4428	8827	7766	2254	
4247	888	4367	8821	9660	324	5864	4774	227	7889	6405	8963	
9693	500	2520	2227	1811	9330	1928	5140	4030	4824	806	3134	
1652	8171	1435										
3366	6543	3745										
9286	8509	4645										
7397	5790	8972										
6597	4422	1799										
9276	4041	3847										
8683	7378	4946										
5348	1993	9186										
6724	9015	5646										
4502	4439	8474										
5107	7342	9442										
1387	8910	2660										

# FIG.80

r1/2 16K							
20	712	2386	6354	4061	1062	5045	5158
21	2543	5748	4822	2348	3089	6328	5876
22	926	5701	269	3693	2438	3190	3507
23	2802	4520	3577	5324	1091	4667	4449
24	5140	2003	1263	4742	6497	1185	6202
0	4046	6934					
1	2855	66					
2	6694	212					
3	3439	1158					
4	3850	4422					
5	5924	290					
6	1467	4049					
7	7820	2242					
8	4606	3080					
9	4633	7877					
10	3884	6868					
11	8935	4996					
12	3028	764					
13	5988	1057					
14	7411	3450					

# FIG. 81

r3/5 16K
2765 5713 6426 3596 1374 4811 2182 544 3394 2840 4310 771
4951 211 2208 723 1246 2928 398 5739 265 5601 5993 2615
210 4730 5777 3096 4282 6238 4939 1119 6463 5298 6320 4016
4167 2063 4757 3157 5664 3956 6045 563 4284 2441 3412 6334
4201 2428 4474 59 1721 736 2997 428 3807 1513 4732 6195
2670 3081 5139 3736 1999 5889 4362 3806 4534 5409 6384 5809
5516 1622 2906 3285 1257 5797 3816 817 875 2311 3543 1205
4244 2184 5415 1705 5642 4886 2333 287 1848 1121 3595 6022
2142 2830 4069 5654 1295 2951 3919 1356 884 1786 396 4738
0 2161 2653
1 1380 1461
2 2502 3707
3 3971 1057
4 5985 6062
5 1733 6028
6 3786 1936
7 4292 956
8 5692 3417
9 266 4878
10 4913 3247
11 4763 3937
12 3590 2903
13 2566 4215
14 5208 4707
15 3940 3388
16 5109 4556
17 4908 4177

FIG.82

r3/5 16K
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



FIG. 84

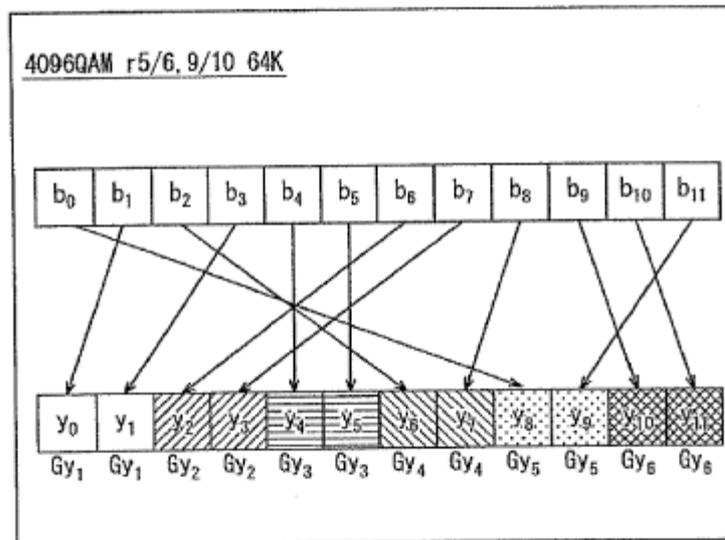


FIG. 85

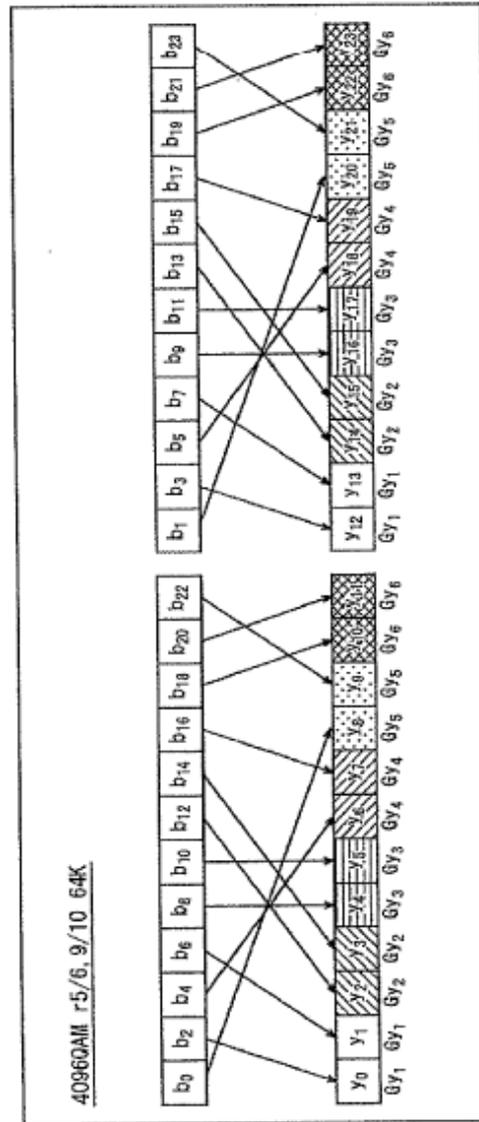


FIG. 86

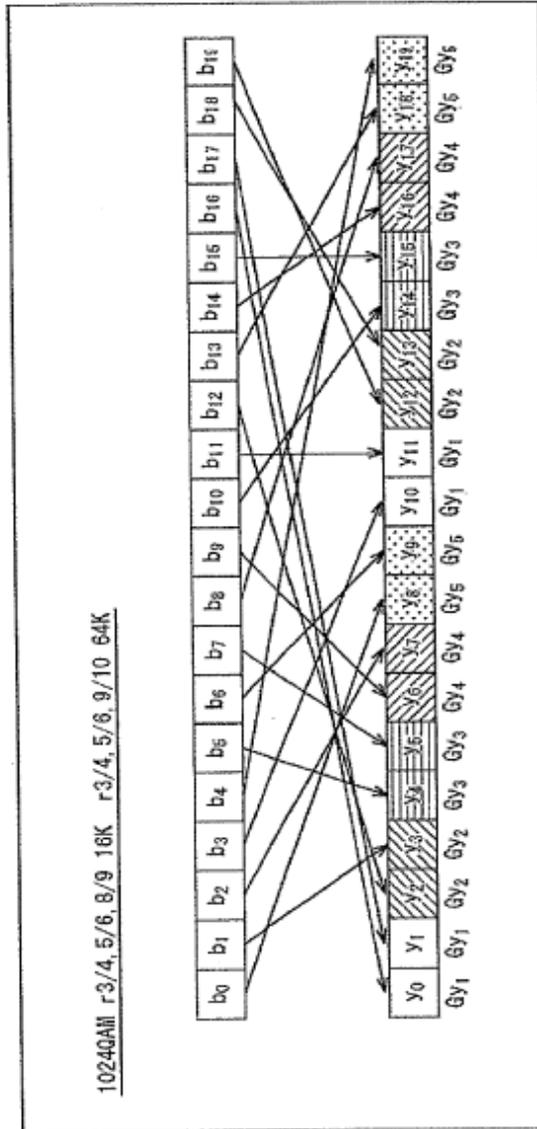


FIG. 87

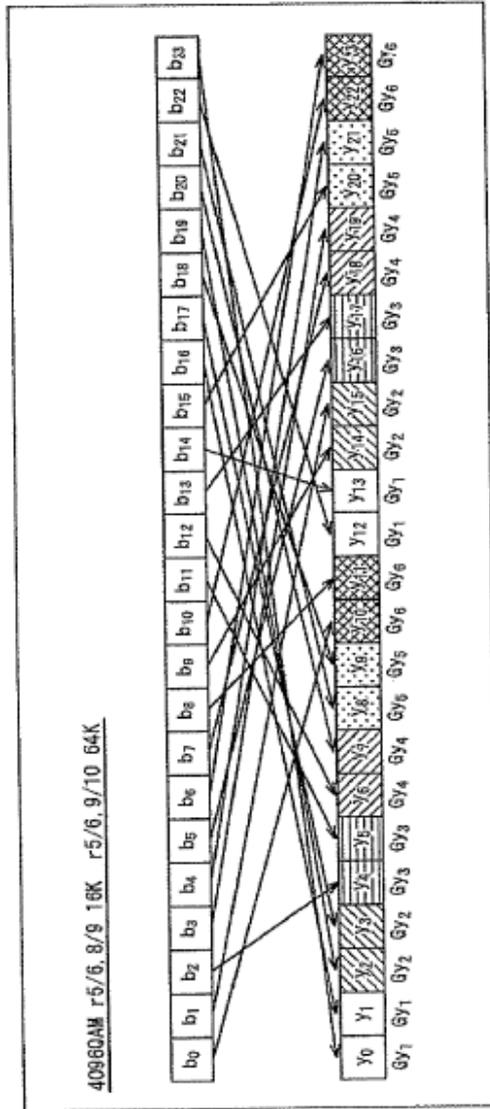


FIG. 88

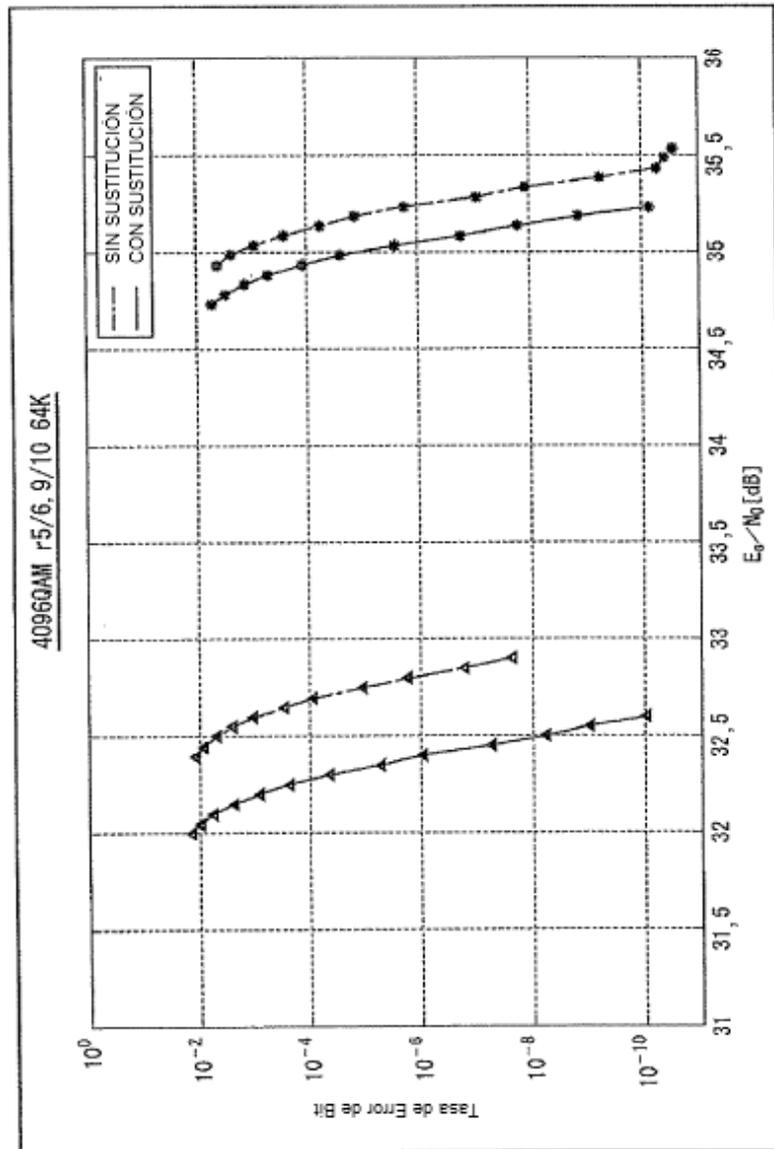


FIG. 89

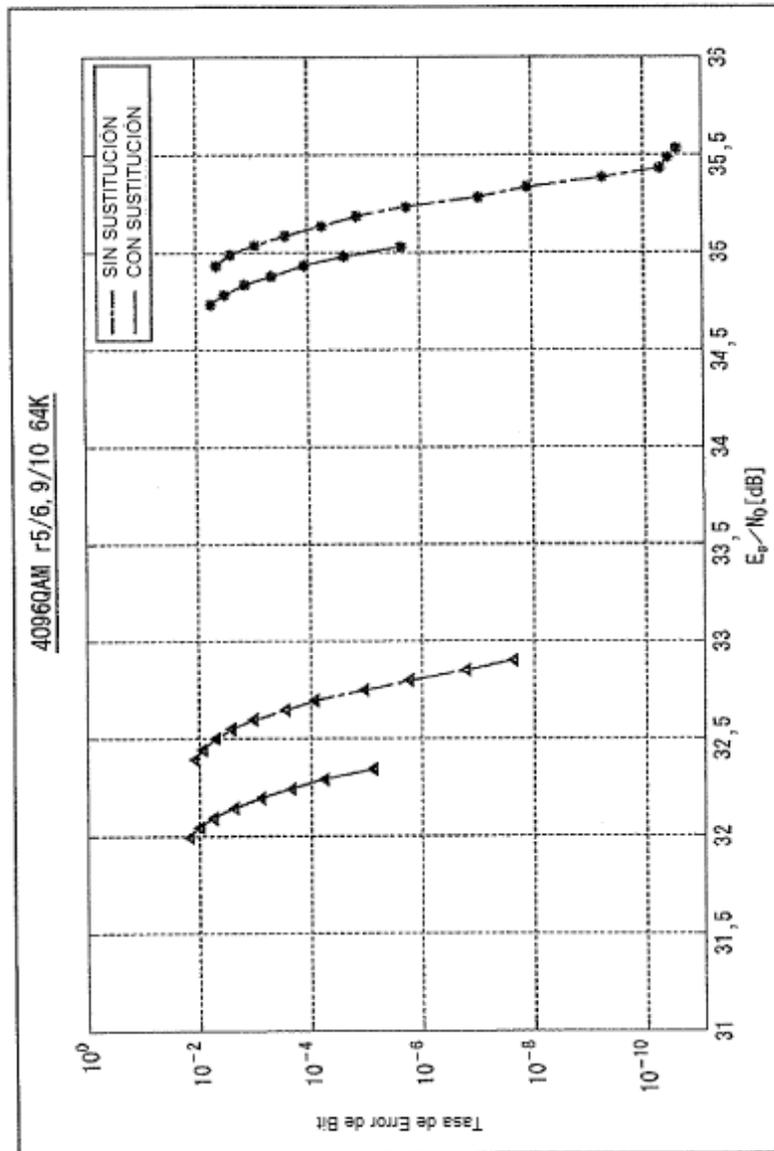


FIG. 90

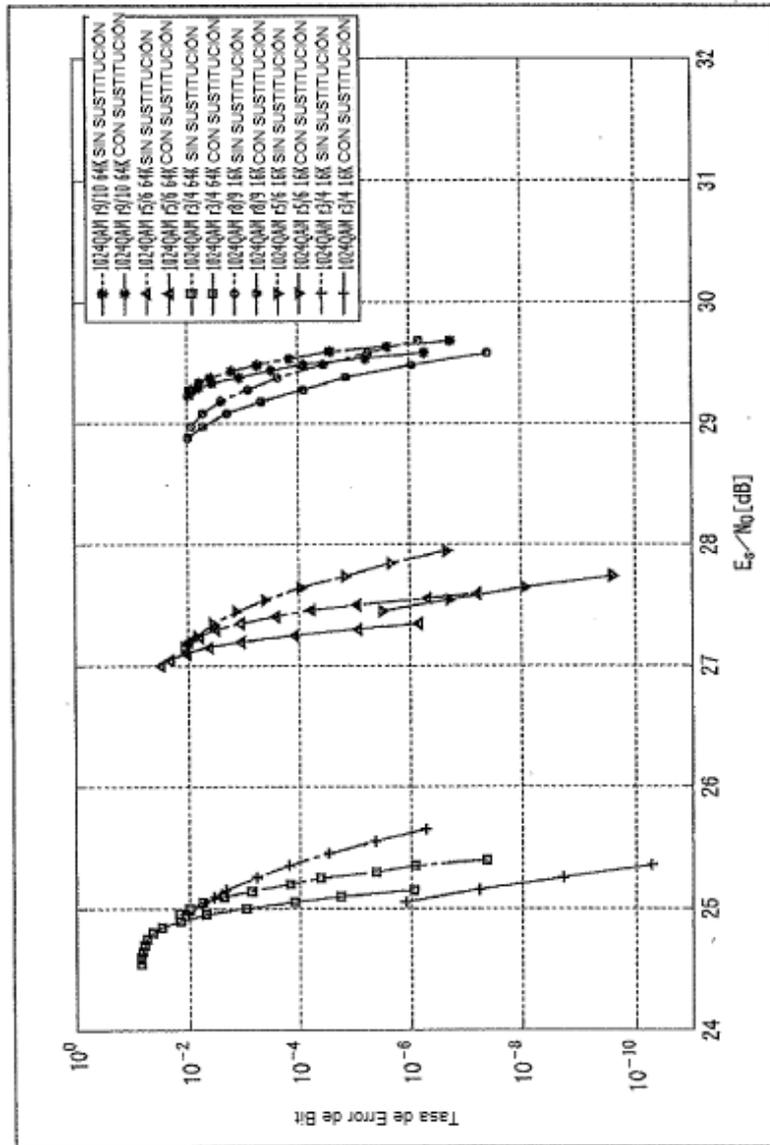


FIG. 91

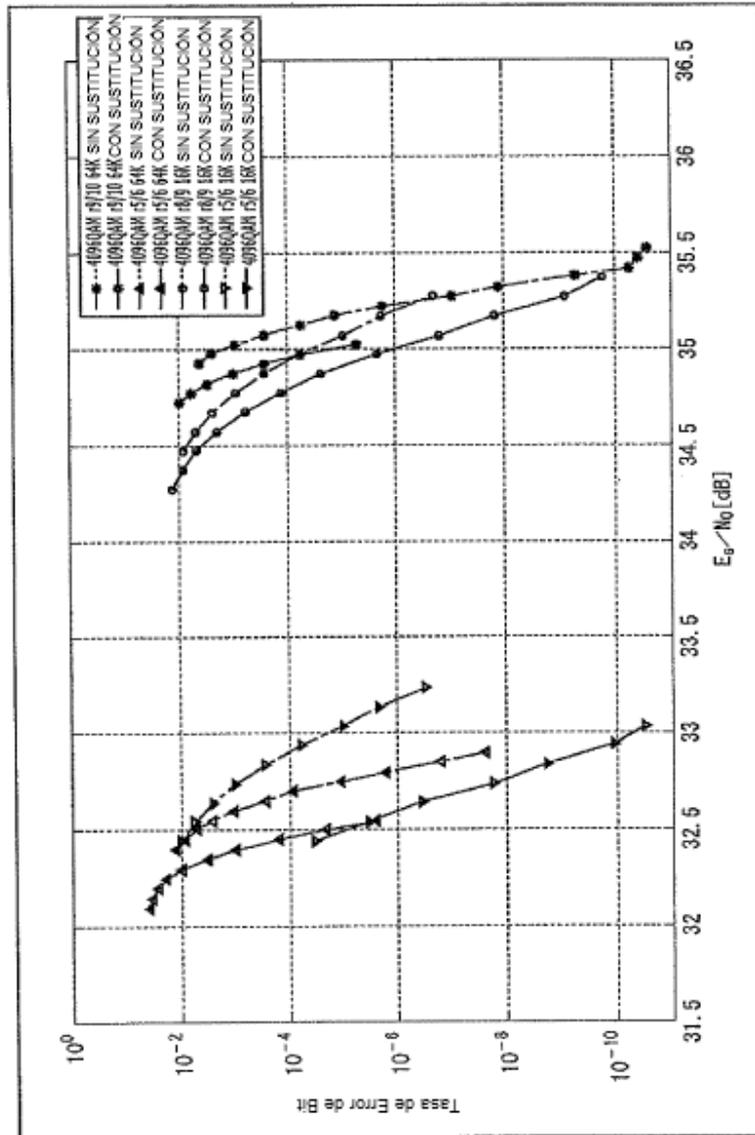


FIG.92

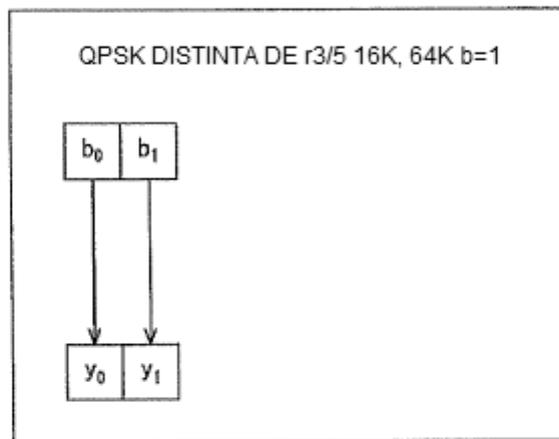


FIG.93

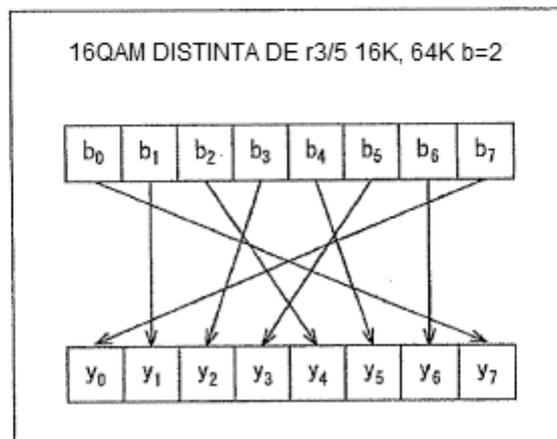


FIG. 94

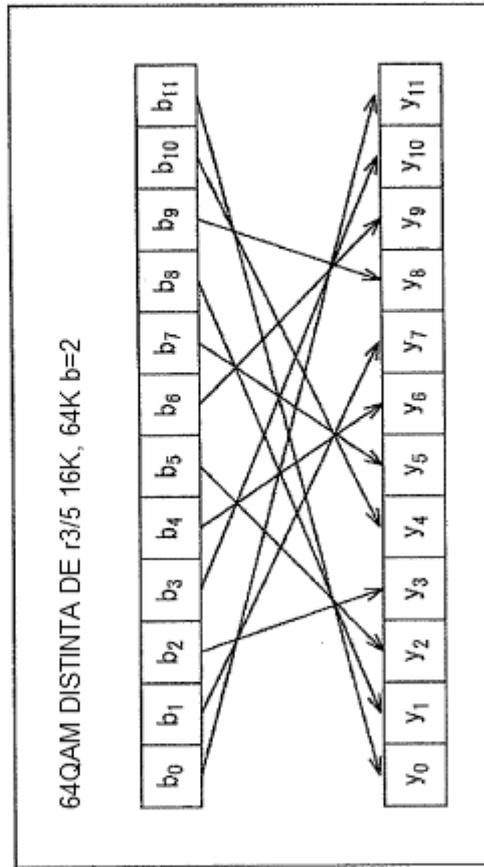


FIG. 95

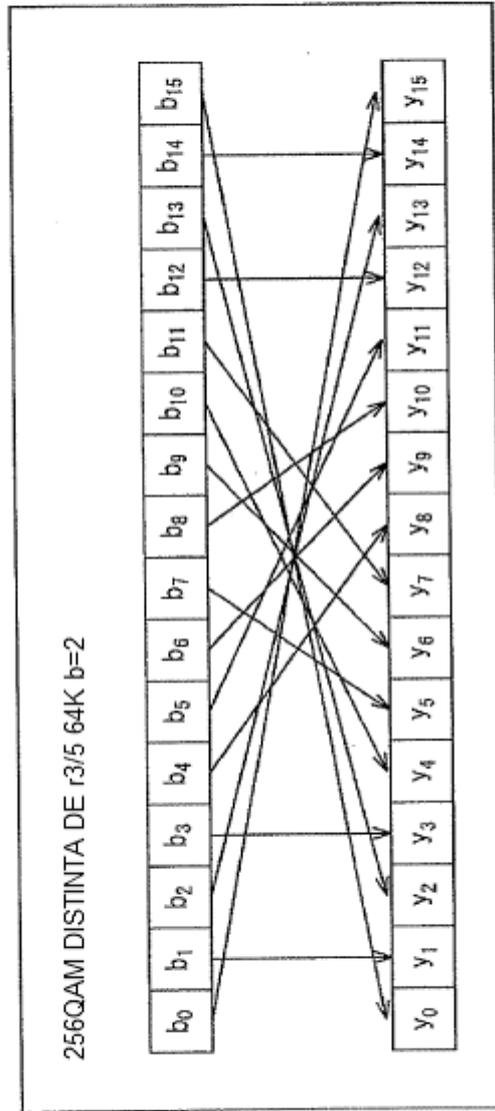


FIG. 96

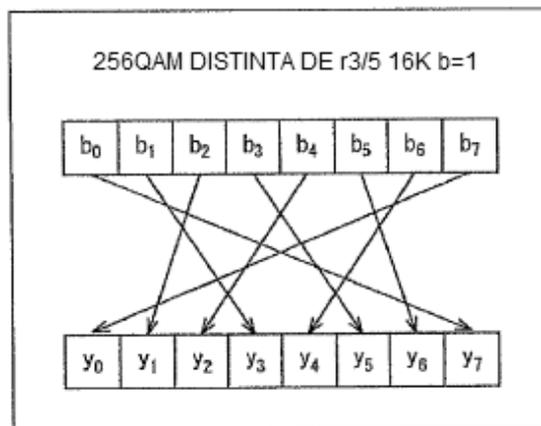


FIG. 97

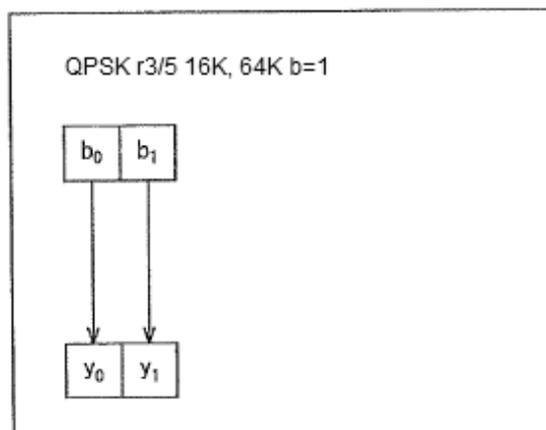


FIG. 98

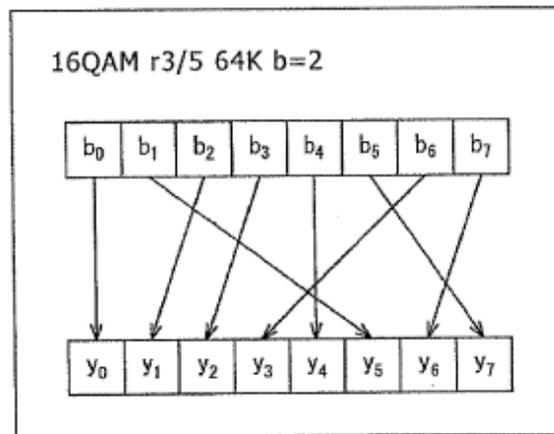


FIG. 99

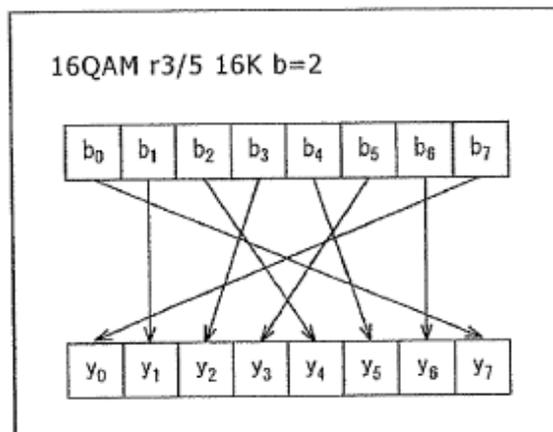


FIG. 100

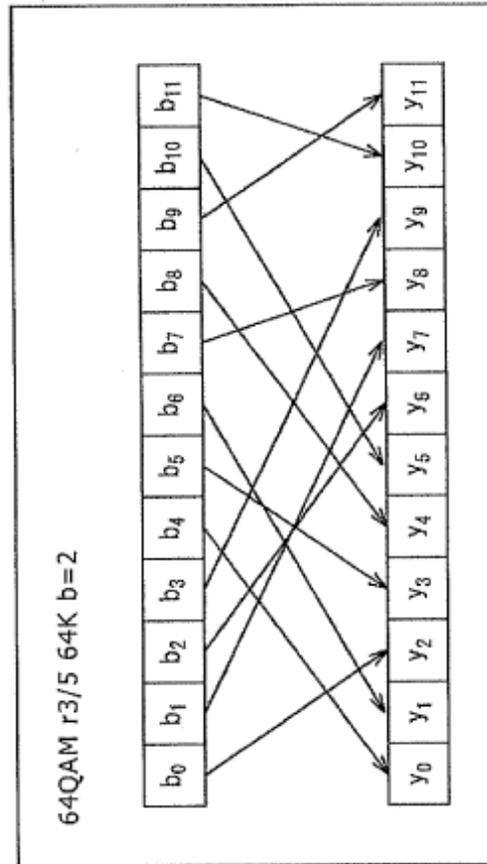


FIG. 101

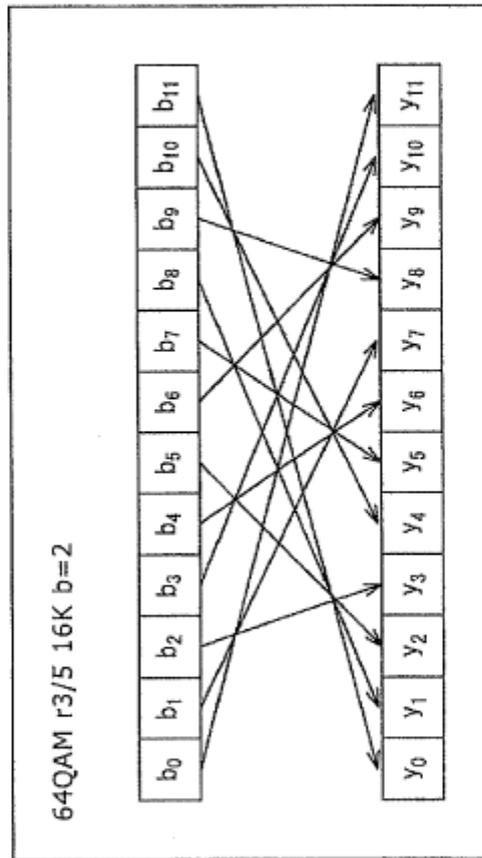


FIG. 102

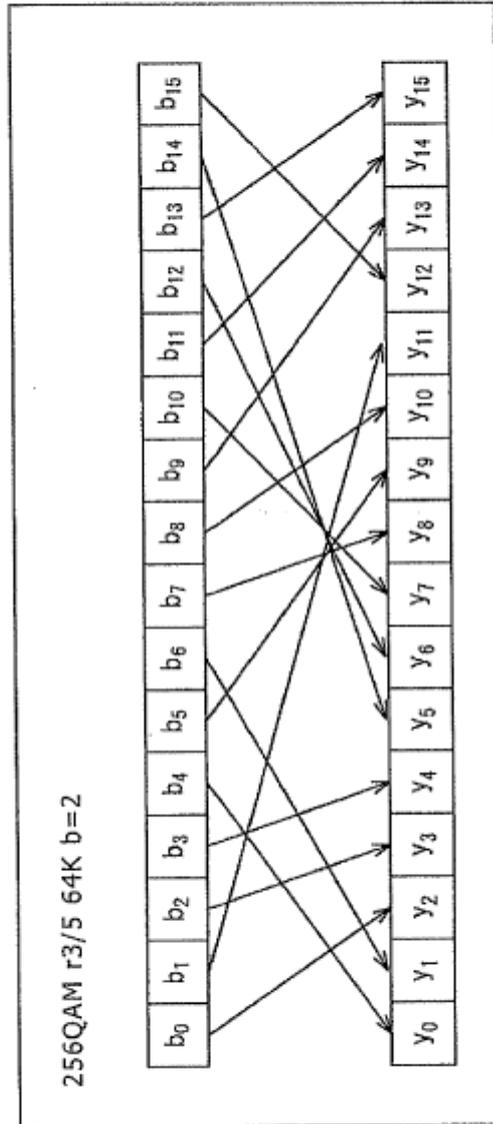


FIG. 103

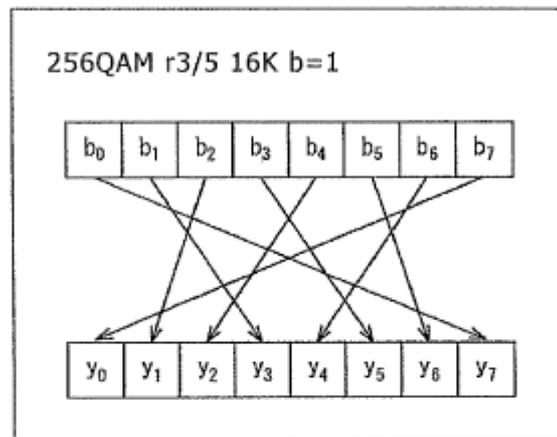


FIG. 104

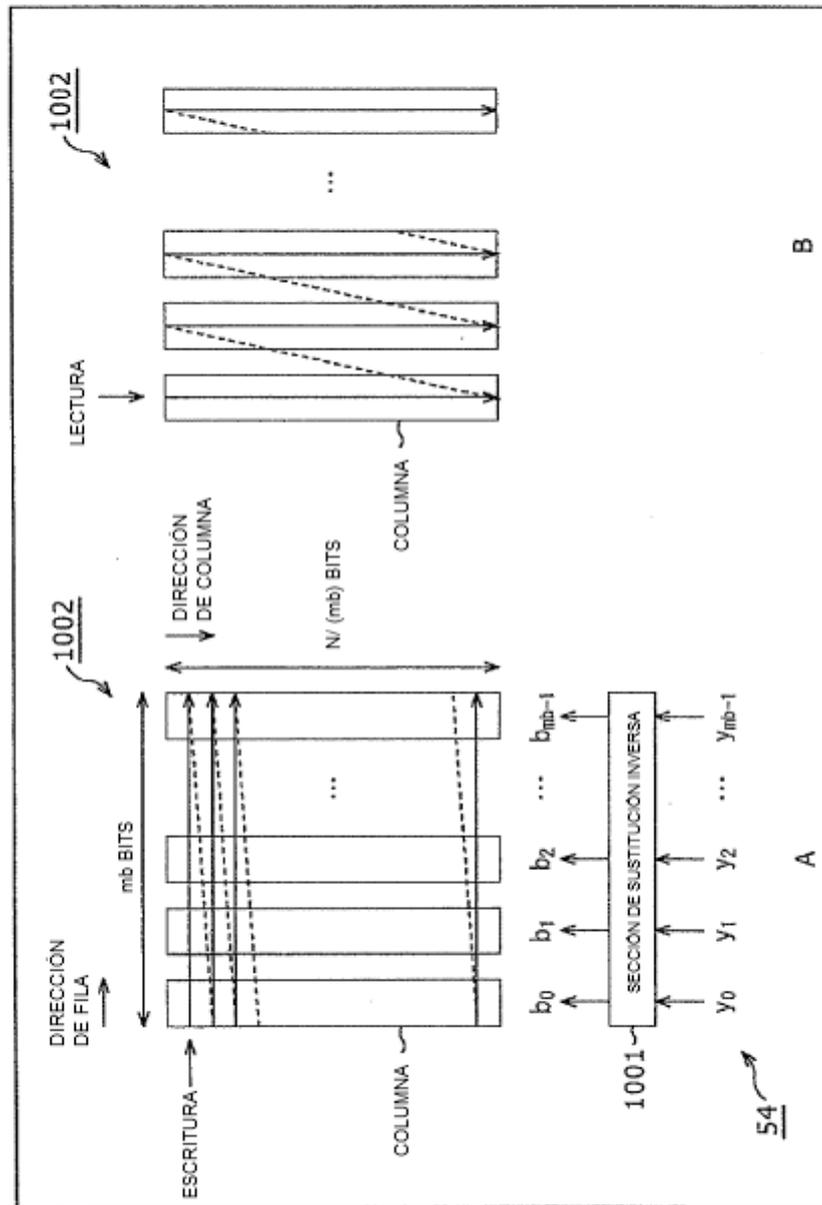


FIG. 105

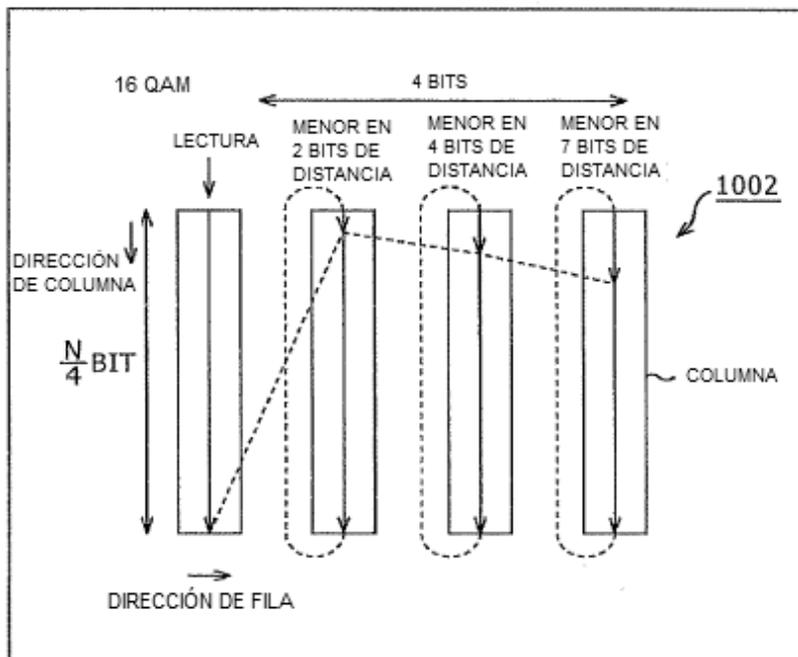


FIG. 106

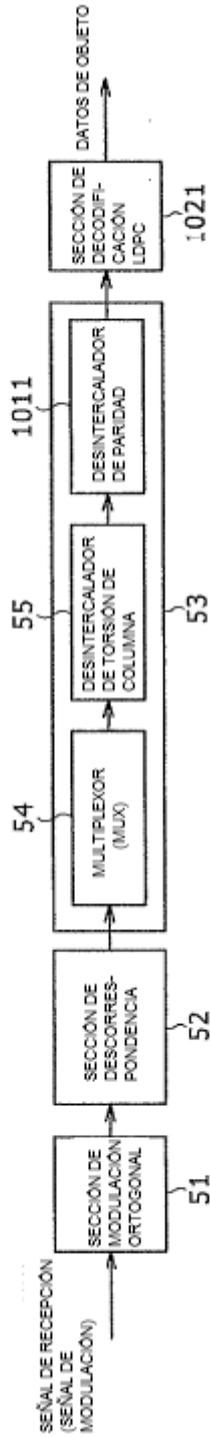


FIG. 107

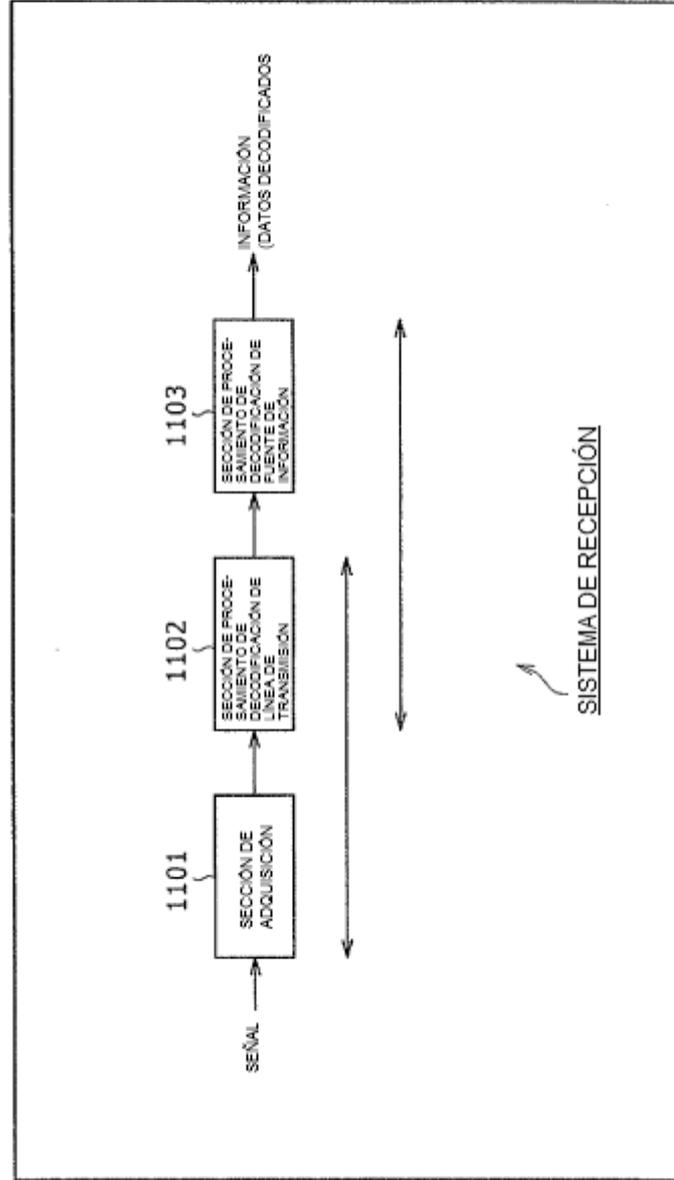


FIG. 108

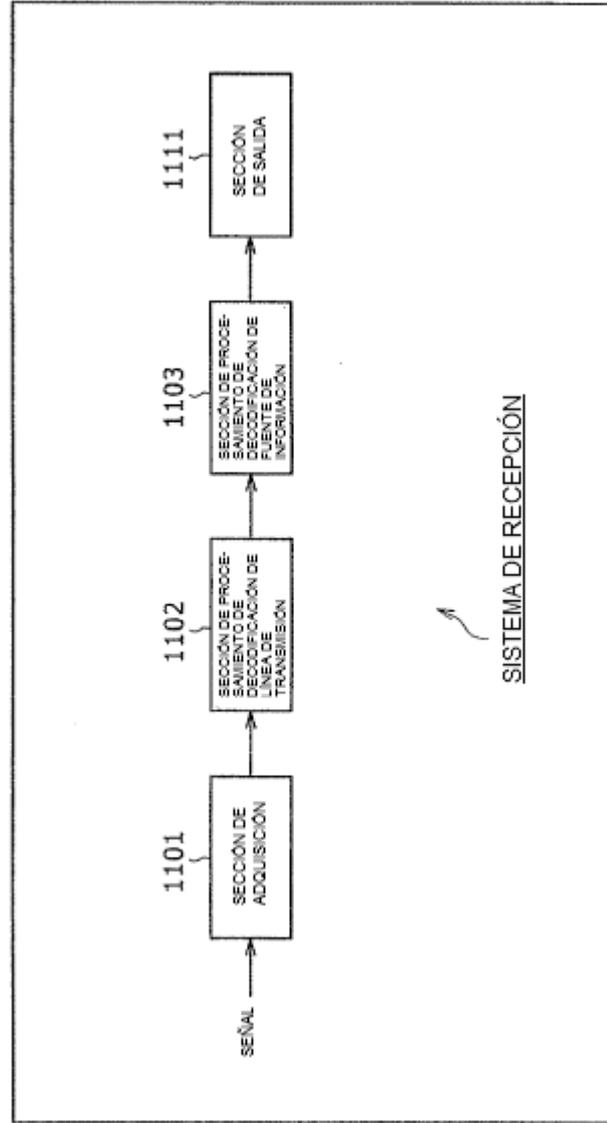


FIG. 109

