

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 644 213**

51 Int. Cl.:

H04L 1/00 (2006.01)

H04L 27/34 (2006.01)

H04L 1/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.02.2001 E 10178347 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.07.2017 EP 2259477**

54 Título: **Procedimiento de ARQ híbrido con redistribución de constelación de señal**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.11.2017

73 Titular/es:

**PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY CORPORATION OF AMERICA (100.0%)
20000 Mariner Avenue, Suite 200
Torrance, CA 90503, US**

72 Inventor/es:

**GOLITSCHKE EDLER VON ELBWART,
ALEXANDER;
WENGERTER, CHRISTIAN;
SCHMITT, MICHAEL PHILIPP y
SEIDEL, EIKO**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 644 213 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

Procedimiento de ARQ híbrido con redistribución de constelación de señal

La presente invención se refiere a un método de retransmisión ARQ híbrido en un sistema de comunicación.

5 Una técnica común en los sistemas de comunicación con condiciones de canal no fiables y que varían en el tiempo es corregir los errores basados en los esquemas de solicitud automática de repetición (ARQ) junto con una técnica de corrección de errores directos (FEC) denominada ARQ híbrida (HARQ) . Si se detecta un error por un control de redundancia cíclico utilizado comúnmente (CRC) , el receptor del sistema de comunicación solicita al transmisor enviar de nuevo los paquetes de datos recibidos de forma errónea.

10 S. Kallel, *Analysis of a type II hybrid ARQ scheme with code combining*, IEEE Transactions on Communications, Vol. 38, Nº 8, Agosto de 1990, y S. Kallel, R. Link, S. Bakhtiyari, *Throughput performance of Memor y ARQ schemes*, IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 48, Nº 3, Mayo de 1999, definen tres tipos diferentes de esquemas ARQ:

- 15 ■ Tipo I: Los paquetes erróneos recibidos son descartados y se retransmite una nueva copia del mismo paquete y se decodifica de forma separada. No existe combinación de las versiones recibidas antes y después de este paquete.
- 15 ■ Tipo II: Los paquetes erróneos recibidos no son descartados, sino que son combinados con algunos bits de redundancia incrementada previstos por el transmisor para la posterior decodificación. Los paquetes retransmitidos tienen con frecuencia mayores velocidades de codificación y están combinados en el receptor con los valores almacenados. Esto significa que solamente se añade poca redundancia en cada retransmisión.
- 20 ■ Tipo III: Es el mismo que el Tipo II con la limitación de que cada paquete retransmitido es ahora auto-decodificable. Esto implica que el paquete transmitido es decodificable sin la combinación con paquetes previos. Esto es útil si algunos paquetes son dañados de tal manera que no se puede reutilizar casi ninguna información.

25 Los esquemas de los tipos II y III son obviamente más inteligentes y muestran una ganancia de actuación con respecto al Tipo I, puesto que proporcionan capacidad para reutilizar la información a partir de paquetes erróneos recibidos previamente. Existen básicamente tres esquemas de reutilización de la redundancia de los paquetes transmitidos previamente:

- Combinación-Flexible
- Combinación-de Códigos
- Combinación de Combinación Flexible y de Códigos

Combinación-Flexible

30 Empleando la combinación flexible, los paquetes de retransmisión llevan símbolos idénticos comparado con los símbolos recibidos previamente. En este caso, los paquetes múltiples recibidos son combinados o bien símbolo por símbolo o por una base de bit por bit como, por ejemplo, se describe en D. Chase, *Code combining: A maximum-likelihood decoding approach for combining an arbitrar y number of noisy packets*, IEEE Trans. Commun., Vol. COM-33, pp. 385-393, Mayo de 1985 o B.A. Harvey and S. Wicker, *Packet Combining Systems based and the Viterbi Decoder*, IEEE Transactions on Communications, Vol. 42, Nº 2/3/4 de Abril de 1994. Combinando estos valores de decisión flexible a partir de todos los paquetes recibidos, las fiabilidades binarias transmitidas se incrementarán linealmente con el número y potencia de los paquetes recibidos. Desde el punto de vista del decodificador, el mismo esquema FEC (con frecuencia de código constante) será empleado sobre todas las transmisiones. Por tanto, el decodificador no necesita conocer cuántas retransmisiones se han realizado, puesto que se observan solamente los valores de decisión flexible combinados. En este esquema, todos los paquetes transmitidos tendrán que llevar el mismo número de símbolos.

Combinación-de códigos

45 La combinación de códigos concatena los paquetes recibidos con el fin de generar una nueva palabra de código (disminuyendo la frecuencia de códigos con aumento del número de transmisiones) . Por tanto, el decodificador es consciente del esquema FEC a aplicar en cada instante de la retransmisión. La combinación de códigos ofrece una mayor flexibilidad con respecto a la combinación flexible, puesto que la longitud de los paquetes retransmitidos puede alterarse para adaptarse a las condiciones del canal. No obstante, esto requiere más datos de señalización que deben ser transmitidos con respecto a la combinación flexible.

Combinación de combinación flexible y de códigos

50 En el caso de los paquetes retransmitidos que llevan ciertos símbolos idénticos a los símbolos transmitidos previamente, y muchos códigos-símbolos diferentes de éstos, los códigos-símbolos iguales son combinados utilizando combinación flexible como se describe en la sección titulada Soft Combining, mientras que los códigos-

símbolos restantes estarán combinados utilizando la combinación de códigos. Aquí, los requerimientos de señalización serán similares a la combinación de códigos.

5 Como se ha mostrado en M.P. Schmitt, Hybrid ARQ Scheme employing TCM and Packet Combining, Electronics Letters Vol. 34, N° 18, de Septiembre de 1998 que la actuación de HARQ por Modulación de Código Trellis (TCM) puede mejorarse disponiendo de nuevo la constelación de símbolos para las retransmisiones. Allí, la ganancia de actuación resulta de llevar al máximo las distancias Euclídeas entre los símbolos dispuestos sobre las retransmisiones, puesto que se ha realizado la redistribución sobre una base de símbolos.

10 Considerando los esquemas de modulación de orden alto (con símbolos de modulación que llevan más de dos bits) , los métodos de combinación que emplean combinación flexible tienen un inconveniente principal. Las fiabilidades binarias dentro de los símbolos combinados flexibles estarán en una relación constante sobre todas las retransmisiones, es decir, los bits que han sido menos fiables procedentes de las transmisiones recibidas previas serán todavía menos fiables después de haber recibido las transmisiones adicionales y, de forma análoga, los bits que han sido más fiables procedentes de las transmisiones recibidas previas, serán todavía más fiables después de haber recibido las transmisiones adicionales.

15 Las fiabilidades binarias variadas se desarrollan a partir de la limitación del mapeo de constelación de señales bidimensionales, donde los esquemas de modulación que llevan más de 2 bits por símbolo no pueden tener las mismas fiabilidades medias para todos los bits bajo el supuesto de que todos los símbolos son probablemente transmitidos iguales. El término fiabilidades medias es entendido, en consecuencia, como la fiabilidad binaria particular sobre todos los símbolos de una constelación de señales.

20 Empleando una constelación de señales para un esquema de modulación de 16 QAM, de acuerdo con la Figura 1, que muestra una constelación de señal codificada Gray con un orden de mapeo binario dado $i_1q_1i_2q_2$, los bits dispuestos sobre los símbolos se diferencian entre sí en la fiabilidad media en la primera transmisión del paquete. Más detalladamente, los bits i_1 y q_1 tienen una fiabilidad media, puesto que estos bits son dispuestos a semiespacios del diagrama de constelación de señales con las consecuencias de que la fiabilidad es independiente del hecho de si el bit transmite un *uno* o un *cero*.

25 Al contrario de esto, los bits i_2 y q_2 , tienen una baja fiabilidad media, puesto que su fiabilidad depende del hecho de si se transmite un *uno* o un *cero*. Por ejemplo, para el bit i_2 , los unos son dispuestos en las columnas exteriores, mientras que los ceros son dispuestos en las columnas interiores. De manera similar, para el bit q_2 , los *unos* son dispuestos en las hileras exteriores, mientras que los *ceros* son dispuestos en las hileras interiores.

30 Para la segunda y cada una de las retransmisiones adicionales, las fiabilidades binarias permanecerán en una relación constante unas con respecto a otras, lo que se define por la constelación de señales empleada en la primera transmisión, es decir, bits i_1 y q_1 , tendrán siempre una fiabilidad media más alta que los bits i_2 y q_2 después de algún número de retransmisiones.

35 El documento EP-A-938207 describe un sistema de comunicación de transmisión de redundancia incremental, en el que los bloques de datos para un intervalo de tiempo se transmiten después de la modulación de un cierto tipo. En el siguiente intervalo de tiempo, basado en la retroalimentación de la calidad del canal, se puede utilizar otro formato de modulación, como la modulación de 4 niveles (PSK), 8 niveles y 16 niveles (PSK o QAM). Además, el formato de codificación y/o modulación utilizado se indica utilizando un campo de adaptación. Un indicador de calidad de canal se usa para designar el formato de modulación aconsejable o admisible máximo para las asignaciones posteriores.

40 El documento US 6.138.260 A describe un sistema ARQ híbrido dentro de un entorno de comunicaciones inalámbricas de acceso múltiple para recombinar señales de retransmisión ARQ con la información obtenida a partir de las correspondientes transmisiones previamente fallidas de la misma señal que habían sido recibidas por el emisor dentro de la interfaz de aire. Además, se implementa la corrección de error directo (FEC) dentro de un entorno ARQ.

45 El objeto subyacente de la presente invención es proporcionar un aparato de comunicación y un método de retransmisión ARQ híbrido con una actuación de corrección de error mejorada. Este objeto se resuelve mediante un aparato como se expone en la reivindicación 1 y un método como se indica en la reivindicación 6 independiente.

50 El aparato y el método objeto de la invención está basado en el reconocimiento de que con el fin de mejorar la actuación del decodificador, sería bastante beneficioso tener fiabilidades medias binarias iguales o casi iguales, después de cada transmisión recibida de un paquete. Por tanto, la idea en la que se basa la invención es confeccionar a medida las fiabilidades medias sobre las retransmisiones de un modo que se promedien las probabilidades binarias medias. Esto se consigue eligiendo una primera y al menos una segunda constelación de señales predeterminada para las transmisiones, de forma que son casi iguales las fiabilidades binarias medias combinadas para los bites respectivos de todas las transmisiones.

55 Por tanto, la redistribución de la constelación de señales da lugar a un mapeo binario, donde las distancias Euclídeas entre los símbolos de modulación pueden alterarse de retransmisión a retransmisión debido al movimiento de los

puntos de constelación. Como resultado, las fiabilidades binarias medias pueden ser manipuladas de una manera deseada y promediadas para incrementar la actuación del decodificador FEC en el receptor.

Para un entendimiento más profundo de la presente invención, se describirán las formas de realización preferidas a continuación con referencia a los dibujos que se acompañan.

5 La figura 1 es una constelación de señales ejemplar para ilustrar un esquema de modulación 16 QAM con símbolos de bit codificados.

La figura 2 muestra cuatro ejemplos para las constelaciones de señales para un esquema de modulación 16 QAM con símbolos de bit codificados Gray.

La figura 3 muestra una constelación de señales ejemplar para símbolos de bit codificados 64-QAM Gray.

10 La figura 4 muestra seis constelaciones de señales ejemplares para símbolos de bit codificados 64-QAM Gray.

La figura 5 es una forma de realización ejemplar de un sistema de comunicación en el que se ilustra el método en subyacente de la invención, y

La figura 6 explica los detalles de la unidad de mapeo mostrada en la figura 5.

15 Para un mejor entendimiento de las formas de realización, a continuación, se describirá el concepto de una relación de Probabilidad-Logarítmica (LLR) como una métrica para las fiabilidades binarias. En primer lugar, se mostrará un cálculo directo de las LLR binarias dentro de los símbolos dispuestos para una sola transmisión. Después, se extenderá el cálculo LLR al caso de transmisión múltiple.

Transmisión individual

20 La LLR media del i bit b_n^i bajo la restricción de que se ha transmitido el símbolo s_n durante una transmisión sobre un canal con el ruido gaussiano blanco aditivo (AWGN) y los símbolos probablemente iguales producen

$$LLR_{b_n^i | r_n} = \log \left[\sum_{(m|b_n^i = b_n^i)} e^{-\frac{E_s}{N_0} d_{n,m}^2} \right] - \log \left[\sum_{(m|b_n^i \neq b_n^i)} e^{-\frac{E_s}{N_0} d_{n,m}^2} \right], \quad (1)$$

donde $r_n = s_n$ designa el símbolo medio recibido bajo la limitación de que el símbolo s_n ha sido transmitido (caso AWGN), $d_{n,m}^2$ designa el cuadrado de la distancia Euclídea entre el símbolo recibido r_n y el símbolo s_m , y E_s/N_0 designa la relación de señal respecto a ruido observada.

25 Puede verse a partir de la Ecuación (1) que LLR depende de la relación de señal respecto a ruido E_s/N_0 y de las distancias Euclídeas $d_{n,m}$ entre los puntos de constelación de señales.

Transmisiones Múltiples

30 Considerando las transmisiones múltiples, la LLR media después de la transmisión k del i bit b_n^i bajo la limitación de que los símbolos $s_n^{(j)}$ han sido transmitidos sobre los canales AWGN independientes y los símbolos probablemente iguales producen

$$LLR_{b_n^i | \bigcap_{j=1}^k r_n^{(j)}}(r_n^{(1)}, r_n^{(2)}, \dots, r_n^{(k)}) = \log \left[\sum_{(m|b_n^i = b_n^i)} e^{-\sum_{j=1}^k \left(\frac{E_s}{N_0}\right)^{(j)} (d_{n,m}^{(j)})^2} \right] - \log \left[\sum_{(m|b_n^i \neq b_n^i)} e^{-\sum_{j=1}^k \left(\frac{E_s}{N_0}\right)^{(j)} (d_{n,m}^{(j)})^2} \right], \quad (2)$$

donde j designa la j transmisión ($(j-1)$ retransmisión). Análogo al caso de transmisión individual, las LLR dependen de las relaciones de señal respecto a ruido y de las distancias Euclídeas en cada tiempo de transmisión.

35 Si no se realiza redistribución de constelación, las distancias Euclídeas $d_{n,m}^{(j)} = d_{n,m}^{(1)}$ son constantes para todas las transmisiones y, por tanto, las fiabilidades binarias (LLR) después de k transmisiones se definirán por la relación de señal respecto a ruido observada en cada tiempo de transmisión y los puntos de constelación de señales desde la primera transmisión. Para esquemas de modulación de nivel más alto (más de 2 bits por símbolo) esto da lugar a variación de las LLR medias para los bits, que, a su vez, conduce a diferentes fiabilidades binarias medias. Las diferencias en las fiabilidades medias permanecen sobre todas las retransmisiones y conducen a una degradación
40 en la actuación del decodificador.

Estrategia 16-QAM

A continuación, el caso de un sistema 16-QAM será considerado de manera ejemplar dando lugar a 2 bits de alta fiabilidad y 2 bits de baja fiabilidad, donde para los bits de baja fiabilidad, la fiabilidad depende de la transmisión de un *uno* o un *cero* (ver Figura 1) . Por tanto, en general, existen tres niveles de fiabilidades.

5 *Nivel 1* (2 bits Alta Fiabilidad) : mapeo de bits para *unos* (*ceros*) separados en la mitad del espacio real (negativo) para los bits-*i* y la mitad del espacio imaginario para los bits-*q*. Aquí, no existe diferencia si los *unos* son dispuestos en la mitad del espacio positivo o en la mitad del espacio negativo.

10 *Nivel 2* (2 bits Baja Fiabilidad) : *Unos* (*ceros*) son dispuestos en las columnas interiores (exteriores) para los bits-*i* o en las hileras interiores (exteriores) para los bits-*q*. Puesto que existe diferencia para la LLR con dependiendo de la mapeo en las columnas e hileras interiores (exteriores) , el Nivel 2 es clasificado adicionalmente:

Nivel 2a: Mapeo de i_n en columnas interiores y q_n en columnas interiores, respectivamente.

Nivel 2b: Mapeo invertida del Nivel 2a: Mapeo de i_n a las columnas exteriores y q_n a las hileras exteriores, respectivamente.

15 Para asegurar un proceso de promedio óptimo sobre las transmisiones para todos los bits, los niveles de fiabilidades deben ser alterados cambiando las constelaciones de señales de acuerdo con los algoritmos dados en la siguiente sección.

Se ha considerado que el orden de mapeo de bit está abierto antes de la transmisión inicial, pero debe permanecer a través de las retransmisiones, por ejemplo, mapeo de bit para transmisión inicial: $i_1q_1i_2q_2 \Rightarrow$ mapeo de bit de todas las retransmisiones: $i_1q_1i_2q_2$.

20 Para la ejecución del sistema real, existe un número de posibles constelaciones de señales para alcanzar el proceso de promedio sobre las retransmisiones. Algunos ejemplos para las posibles constelaciones se muestran en la Figura 2. Las fiabilidades binarias resultantes de acuerdo con la Figura 2 se dan en la Tabla 1.

TABLA 1 *Fiabilidades binarias para 16-QAM de acuerdo con las constelaciones de señales mostradas en la figura 2*

Constelación	bit i_1	bit q_1	bit i_2	bit q_2
1	Alta Fiabilidad (Nivel 1)	Alta Fiabilidad (Nivel 1)	Baja Fiabilidad (Nivel 2b)	Baja Fiabilidad (Nivel 2b)
2	Baja Fiabilidad (Nivel 2a)	Baja Fiabilidad (Nivel 2a)	Alta Fiabilidad (Nivel 1)	Alta Fiabilidad (Nivel 1)
3	Baja Fiabilidad (Nivel 2b)	Baja Fiabilidad (Nivel 2b)	Alta Fiabilidad (Nivel 1)	Alta Fiabilidad (Nivel 1)
4	Alta Fiabilidad (Nivel 1)	Alta Fiabilidad (Nivel 1)	Baja Fiabilidad (Nivel 2a)	Baja Fiabilidad (Nivel 2a)

25 Además, la Tabla 2 proporciona algunos ejemplos de cómo combinar las constelaciones para las transmisiones 1 a 4 (utilizando los 4 mapeos diferentes) .

Tabla 2. *Ejemplos para estrategias de Redisposición de Constelaciones para 16-QAM (utilizando 4 mapeos) con constelaciones de señales de acuerdo con la Figura 2 y fiabilidades binarias de acuerdo con la Tabla 1*

Nº Transmisión	Esquema 1 (con Constelaciones)	Esquema 2 (con Constelaciones)	Esquema 3 (con Constelaciones)	Esquema 4 (con Constelaciones)
1	1	1	1	1
2	2	2	3	3
3	3	4	2	4
4	4	3	4	2

30 Los dos algoritmos que se dan describen los esquemas utilizando 2 o 4 mapeos, en general. El método que utiliza 2 mapeos da lugar a una menor complejidad del sistema, no obstante, tiene cierta degradación de actuación con respecto al método que utiliza las 4 mapeos. El mapeo para los bits *i* y *q* puede realizarse independientemente y, por

ES 2 644 213 T3

tanto, a continuación se describe el mapeo para los bits i solamente. Los algoritmos para los bits q trabajan de forma análoga.

Algoritmos 16-QAM

A. Utilizando 2 mapeos

5 1ª Etapa (1ª Transmisión)

Seleccionar nivel 1 para $i_1 \Rightarrow$ Nivel 2 para i_2 – libre elección si 2a o 2b.

\Rightarrow 1º Mapeo definido

2ª Etapa. (2ª Transmisión)

Seleccionar Nivel 1 para $i_2 \Rightarrow$ Nivel 2 para i_1 - libre elección si 2a o 2b.

10 \Rightarrow 2º Mapeo definido

3ª Etapa.

Opciones:

(a) Ir a Etapa 1 y continuar alternando entre 1º y 2º Mapeo

(b) Utilizar 2º Mapeo y continuar utilizando 2 veces 1º Mapeo y 2 veces 2º Mapeo y así sucesivamente...

15 B. Utilizando 4 mapeo

1ª Etapa (1ª Transmisión)

Seleccionar Nivel 1 para $i_1 \Rightarrow$ Nivel 2 para i_2 - elección libre si 2a o 2b

\Rightarrow 1º Mapeo definido

2ª Etapa (2ª Transmisión)

20 Seleccionar Nivel 1 para $i_2 \Rightarrow$ Nivel 2 para i_1 - elección libre si 2a o 2b

\Rightarrow 2º Mapeo definido

3ª Etapa (3ª Transmisión)

Opciones:

(a) Seleccionar Nivel 1 para $i_1 \Rightarrow$ Nivel 2 para i_2 con las siguientes opciones

25 (a1) si se utilizó 2a en 1ª Transmisión, entonces utilizar 2b

(a2) si se utilizó 2b en 1ª Transmisión, entonces utilizar 2a

(b) Seleccionar Nivel 1 para $i_2 \Rightarrow$ Nivel 2 para i_1 con las siguientes opciones

(b1) si se utilizó 2a en 2ª Transmisión, entonces utilizar 2b

(b2) si se utilizó 2b en 2ª Transmisión, entonces utilizar 2a

30 \Rightarrow 3º Mapeo definido

4ª Etapa (4ª Transmisión)

si opción (a) en 3ª Etapa

Seleccionar el Nivel 1 para $i_2 \Rightarrow$ Nivel 2 para i_1 con las siguientes opciones

(a1) si se utilizó 2a en la 2ª Transmisión, entonces utilizar 2b

35 (a2) si se utilizó 2b en la 2ª Transmisión, entonces utilizar 2a

si opción (b) en 3ª Etapa.

Seleccionar el Nivel 2 para $i_1 \Rightarrow$ Nivel 2 para i_2 con las siguientes opciones

(a1) si se utilizó 2a en la 1ª Transmisión, entonces utilizar 2b

(a2) si se utilizó 2b en la 1ª Transmisión, entonces utilizar 2a

⇒ 4º Mapeo Definido

5ª Etapa. (Transmisión 5., 9., 13., ...)

5 Seleccionar entre una de los 4 mapeos definidos.

6ª Etapa. (Transmisión 6., 10., 14., ...)

Seleccionar entre uno de los 4 mapeos definidos excepto

(a) el mapeo utilizado en la 5ª Etapa. (transmisión previa)

(b) el mapeo que ofrece fiabilidad Nivel 1 al mismo bit que en la transmisión previa

10 7ª Etapa (Transmisión 7., 11., 15., ...)

Seleccionar entre uno de los 2 mapeos restantes no utilizados en las 2 últimas transmisiones.

8ª Etapa (Transmisión 8., 12., 16., ...)

Seleccionar el mapeo no utilizado en las 3 últimas transmisiones.

9ª Etapa.

15 Ir a 5ª Etapa.

Estrategia 64-QAM

En el caso de un sistema 64-QAM, existirán 2 bits de alta fiabilidad, 2 bits de fiabilidad media, y 2 bits de baja fiabilidad, donde para los bits de baja y media fiabilidad, la fiabilidad depende de la transmisión de un *uno* o un *cero* (ver figura 3) . Por tanto, en total, existen 5 niveles de fiabilidades.

20 *Nivel 1* (2 bits, Alta Fiabilidad): El mapeo binario para unos (*ceros*) separados en la mitad del espacio real positivo (*negativo*) para los *i*-bits y la mitad del espacio imaginario para los bits-*q*. Aquí, no existe diferencia si los *unos* están dispuestos en la mitad del espacio positivo o negativo.

Nivel 2 (2 bits, Fiabilidad Media) : Los *unos* (*ceros*) son dispuestos en columnas 4 interiores y 2x2 exteriores para los bits-*i* y en 4 hileras interiores y 2x2 exteriores para los bits-*q*. Puesto que existe una diferencia para la LLR, dependiendo de la columna/hilera interior o exterior, se clasifica adicionalmente el Nivel 2.

25 *Nivel 2a*: Mapeo de i_n en 4 columnas interiores y q_n en 4 hileras interiores, respectivamente.

Nivel 2b: Mapeo invertida de 2a: i_n en columnas exteriores y q_n en hileras exteriores, respectivamente.

Nivel 3 (2 bits, Baja Fiabilidad) : Los *unos* (*ceros*) están dispuestos en las columnas 1-4-5-8/2-3-6-7 para los bits-*i* o a las hileras 1-4-5-8/2-3-6-7 para los bits-*q*. Puesto que existe una diferencia para la LLR dependiendo del mapeo en columnas/hileras 1-4-5-8 ó 2-3-6-7, el Nivel 3 es clasificado adicionalmente:

30 *Nivel 3a*: Mapeo de i_n en columnas 2-3-6-7 y q_n a hileras 2-3-6-7, respectivamente.

Nivel 3b: Mapeo invertido de 2a: i_n en columnas 1-4-5-8 y q_n en hileras 1-4-5-8, respectivamente.

35 Para asegurar un proceso de promedio óptimo sobre las transmisiones para todos los bits, los niveles de fiabilidades deben ser alterados cambiando las constelaciones de las señales de acuerdo con los algoritmos dados en la siguiente sección.

Se ha considerado que el orden de mapeo de bit está abierto antes de la transmisión inicial, pero debe permanecer a través de las retransmisiones, por ejemplo, mapeo de bit para la transmisión inicial: $i_1q_1i_2q_2i_3q_3 \Rightarrow$ mapeo de bit de todas las retransmisiones: $i_1q_1i_2q_2i_3q_3$.

40 De forma análoga al 16-QAM para la ejecución del sistema real existe un número de posibles constelaciones de señales para alcanzar el proceso de promedio sobre las retransmisiones. Se muestran en la Figura 4 algunos ejemplos para las posibles constelaciones. Las fiabilidades binarias resultantes de acuerdo con la Figura 4 se dan en la Tabla 3.

TABLA 3 *Fiabilidades binarias para 64-QAM de acuerdo con las constelaciones de señales mostradas en la Figura 4*

Constelación	bit i_1	bit q_1	bit i_2	bit q_2	bit i_3	bit q_3
1	Alta Fiabilidad (Nivel 1)	Alta Fiabilidad (Nivel 1)	Fiabilidad Media (Nivel 2b)	Fiabilidad Media (Nivel 2b)	Baja Fiabilidad (Nivel 3b)	Baja Fiabilidad (Nivel 3b)
2	Baja Fiabilidad (Nivel 3b)	Baja Fiabilidad (Nivel 3b)	Alta Fiabilidad (Nivel 1)	Alta Fiabilidad (Nivel 1)	Fiabilidad Media (Nivel 2b)	Fiabilidad Media (Nivel 2b)
3	Fiabilidad Media (Nivel 2b)	Fiabilidad Media (Nivel 2b)	Baja Fiabilidad (Nivel 3b)	Baja Fiabilidad (Nivel 3b)	Alta Fiabilidad (Nivel 1)	Alta Fiabilidad (Nivel 1)
4	Alta Fiabilidad (Nivel 1)	Alta Fiabilidad (Nivel 1)	Fiabilidad Media (Nivel 2a)	Fiabilidad Media (Nivel 2a)	Baja Fiabilidad (Nivel 3a)	Baja Fiabilidad (Nivel 3a)
5	Baja Fiabilidad (Nivel 3a)	Baja Fiabilidad (Nivel 3a)	Alta Fiabilidad (Nivel 1)	Alta Fiabilidad (Nivel 1)	Fiabilidad Media (Nivel 2a)	Fiabilidad Media (Nivel 2a)
6	Fiabilidad Media (Nivel 2a)	Fiabilidad Media (Nivel 2a)	Baja Fiabilidad (Nivel 3a)	Baja Fiabilidad (Nivel 3a)	Alta Fiabilidad (Nivel 1)	Alta Fiabilidad (Nivel 1)

Además, la Tabla 4 proporciona algunos ejemplos de cómo combinar las constelaciones para las transmisiones 1 a 6 (utilizando los 6 mapeos diferentes).

TABLA 4 Ejemplos para estrategias de Redisposición de Constelaciones para 64-QAM (utilizando 6 mapeos) con constelaciones de señales de acuerdo con la Figura 4 y fiabilidades binarias de acuerdo con la Tabla 3

Nº Transmisión	Esquema 1 (con Constelaciones)	Esquema 2 (con Constelaciones)	Esquema 3 (con Constelaciones)	Esquema 4 (con Constelaciones)
1	1	1	1	1
2	2	3	5	3
3	3	2	6	2
4	4	4	4	6
5	5	5	2	5
6	6	6	3	4

5 Los dos algoritmos que se dan describen los esquemas utilizando 3 o 6 mapeos, en general. El método que utiliza 3 mapeos da lugar a una menor complejidad del sistema, no obstante, tiene cierta degradación de actuación con respecto al método que utiliza las 6 mapeos. El mapeo para los bits i y q puede realizarse independientemente y, por tanto, a continuación se describe el mapeo para los bits i solamente. Los algoritmos para los bits q trabajan de forma análoga.

10 Algoritmos 64-QAM

A. Utilizando 3 mapeos

1ª Etapa (1ª Transmisión)

1ª Etapa (1ª Transmisión)

Seleccionar Nivel 1 para i_1

15 Seleccionar Nivel 2 para i_2 (elección libre si 2a o 2b) \Rightarrow Nivel 3 para i_3 - elección libre si 3a o 3b.

ES 2 644 213 T3

⇒ 1^{er} Mapeo definido

2^a Etapa. (2^a Transmisión)

Opciones:

(a) Seleccionar Nivel 1 para i_2

5 Seleccionar Nivel 2 para i_3 (elección libre si 2a o 2b) ⇒ Nivel 3 si 3a o 3b

(b) Seleccionar Nivel 1 para i_3

Seleccionar Nivel 2 para i_1 (elección libre si 2a o 2b) ⇒ Nivel 3 para i_2 - elección libre si 3a o 3b

⇒ 2^o Mapeo definido

3^a Etapa. (3^a Transmisión)

10 *si (a)*, en 2^a Etapa

Seleccionar Nivel 1 para i_3

Seleccionar Nivel 2 para i_1 (elección libre si 2a o 2b) ⇒ Nivel 3 para i_2 - elección libre si 3a o 3b.

si (b) en 2^a Etapa

Seleccionar Nivel 1 para i_2

15 Seleccionar Nivel 2 para i_3 (elección libre si 2a o 2b) ⇒ Nivel 3 para i_1 - elección libre si 3a o 3b.

⇒ 3^{er} Mapeo definido

4^a Etapa. (Transmisión 4., 7., 10., ...)

Seleccionar entre uno de los 3 mapeos definidos.

5^a Etapa. (Transmisión 5., 8., 11., ...)

20 Seleccionar entre uno de los 3 mapeos definidos, excepto el mapeo utilizada en la transmisión previa.

6^a Etapa. (Transmisión 6., 9., 12., ...)

Seleccionar entre uno de los 3 mapeos definidos, excepto el mapeo utilizada en las últimas 2 transmisiones.

7^a Etapa.

Ir a 4^a Etapa.

25 B. Utilizar los 6 mapeos

1^a Etapa (1^a Transmisión)

Seleccionar Nivel 1 para i_1

Seleccionar Nivel 2 para i_2 (elección libre si 2a o 2b) ⇒ Nivel 3 para i_3 - elección libre si 3a o 3b

⇒ 1^{er} Mapeo definido

30 2^a Etapa. (2^a Transmisión)

Opciones:

(a) Seleccionar Nivel 1 para i_2

Seleccionar Nivel 2 para i_3 (elección libre si 2a o 2b) ⇒ Nivel 3 para i_1 - elección libre si 3a o 3b

(b) Seleccionar Nivel 1 para i_3

35 Seleccionar Nivel 2 para i_1 (elección libre si 2a o 2b) ⇒ Nivel 3 para i_2 - elección libre si 3a o 3b

⇒ 2^o Mapeo definido

ES 2 644 213 T3

3ª Etapa. (3ª Transmisión)

si (a) en 2ª Etapa.

Seleccionar Nivel 1 para i_3

Seleccionar Nivel 2 para i_1 (elección libre si 2a o 2b) \Rightarrow Nivel 3 para i_2 - elección libre si 3a o 3b

5 si (b) en 2ª Etapa.

Seleccionar Nivel 1 para i_2

Seleccionar Nivel 2 para i_3 (elección libre si 2a o 2b) \Rightarrow Nivel 3 para i_1 - elección nivel si 3a o 3b

\Rightarrow 3^{er} Mapeo definido

4ª Etapa. (4ª Transmisión)

10 Seleccionar Nivel 1 para un bit entre i_1 , i_2 ó i_3

Seleccionar Nivel 2 para un bit entre los dos bits restantes con las siguientes limitaciones

(a1) si en una de las transmisiones previas, 2a se utilizó para este bit, entonces utilizar 2b

(a2) si en una de las transmisiones previas, 2b se utilizó para este bit, entonces utilizar 2a

\Rightarrow Nivel 3 para los bits restantes con las siguientes limitaciones

15 (b1) si en una de las transmisiones previas, 3a se utilizó para este bit, entonces utilizar 3b

(b2) si en una de las transmisiones previas, 3b se utilizó para este bit, entonces utilizar 3a

\Rightarrow 4º Mapeo definido

5ª Etapa. (5ª Transmisión)

Seleccionar Nivel 1 entre uno de los dos bits que no tienen Nivel 1 en la 4ª Etapa

20 Seleccionar Nivel 2 entre uno de los dos bits que no tienen Nivel 2 en 4ª Etapa con las siguientes limitaciones

(a1) si en una de las transmisiones previas 2a fue utilizado para este bit, entonces utilizar 2b

(a2) si en una de las transmisiones previas 2b fue utilizado para este bit, entonces utilizar 2a

\Rightarrow Nivel 3 para bit restante con las siguientes limitaciones

(b1) si en una de las transmisiones previas 3a se utilizó para este bit, entonces utilizar 3b

25 (b2) si en una de las transmisiones previas 3b se utilizó para este bit, entonces utilizar 3a

\Rightarrow 5º Mapeo definido

6ª Etapa. (6ª Transmisión)

Seleccionar Nivel 1 para bit que no tiene Nivel 1 en 4ª Etapa y en 5ª Etapa

Seleccionar nivel 2 para bit que no tiene Nivel 2 en 4ª Etapa y 5ª Etapa con las siguientes limitaciones

30 (a1) si en una de las transmisiones previas 2a se utilizó para este bit, entonces utilizar 2b

(a2) si en una de las transmisiones previas 2b se utilizó para este bit, entonces utilizar 2a

\Rightarrow Nivel 3 para bit restante con las siguientes limitaciones

(b1) si en una de las transmisiones previas 3a se utilizó para este bit, entonces utilizar 3b

(b2) si en una de las transmisiones previas 3b se utilizó para este bit, entonces utilizar 3a

35 \Rightarrow 6º Mapeo definido

7ª Etapa. (Transmisión 7., 13., 19., ...)

Seleccionar entre uno de los 6 mapeos definidos

8ª Etapa. (Transmisión 8., 14., 20., ...)

Seleccionar entre uno de los 6 mapeos definidos, excepto

(a) el mapeo utilizada en 7ª Etapa. (transmisión previa)

- 5 (b) el mapeo que ofrece fiabilidad Nivel 1 al mismo bit como en la transmisión previa.

9ª Etapa. (Transmisión 9., 15., 21., ...)

Seleccionar entre uno de los 6 mapeos definidos, dando la fiabilidad del Nivel 1 al bit que no tiene el Nivel 1 en las 2 últimas transmisiones.

10ª Etapa. (Transmisión 10., 16., 22., ...)

- 10 Seleccionar entre uno de los 3 mapeos restantes no utilizados en las 3 transmisiones.

Etapa 11. (Transmisión 11., 17., 23., ...)

Seleccionar entre uno de los 2 mapeos restantes no utilizados en las últimas 4 transmisiones.

Etapa 12. (Transmisión 12., 18., 24., ...)

Seleccionar un mapeo restante no utilizado en las 5 transmisiones.

- 15 Etapa 13

Ir a la 7ª Etapa.

20 La figura 5 muestra una forma de realización de un sistema de comunicación al que puede aplicarse la presente invención. Más específicamente, el sistema de comunicación comprende un transmisor 10 y un receptor 20 que se comunican a través de un canal 30 que puede estar o bien unido con cable o inalámbrico, es decir, una interfaz de aire. A partir de una fuente de datos 11, los paquetes de datos son suministrados a un codificador FEC 12, donde los bits de redundancia son añadidos a los errores correctos. Los n bits de entrada emitidos desde el decodificador FEC son suministrados posteriormente a una unidad de mapeo 13 que actúa como un modulador para emitir los símbolos formados de acuerdo con el esquema de modulación aplicado memorizado como un patrón de constelación en una tabla 15. Después de la transmisión sobre el canal 30, el receptor 20 controla los paquetes de datos recibidos, por ejemplo, por medio de un control de redundancia cíclico (CRC) para la corrección.

25 Si los paquetes de datos recibidos son erróneos, los mismos son almacenados en una memoria temporal 22 para la posterior combinación flexible con los paquetes de datos retransmitidos.

30 Se lanza una retransmisión por una solicitud de repetición automática presentada por un detector de error (no mostrado) con el resultado de que se transmite un paquete de datos idéntico, a partir del transmisor 10. En la unidad de combinación 21, los paquetes de datos erróneos recibidos previamente son combinados de forma flexible con los paquetes de datos retransmitidos. La unidad de combinación 21 actúa también como un demodulador y el mismo patrón de constelación de señales memorizado en la tabla 15 se utiliza para demodular el símbolo que se utilizó durante la modulación de este símbolo.

35 Como se ilustra en la figura 6, la tabla 15 memoriza una pluralidad de patrones de constelación de señales que son seleccionadas para las (re) transmisiones individuales de acuerdo con un esquema predeterminado. El esquema, es decir, la secuencia de los patrones de constelación utilizados para la modulación/demodulación es o bien pre-memorizada en el transmisor y el receptor o es señalizada por el transmisor al receptor antes del uso.

40 Como se menciona anteriormente, el método subyacente de la invención dispone de nuevo los patrones de constelación de señales para las (re) -transmisiones individuales de acuerdo con un esquema predeterminado, tal que se promedian las fiabilidades binarias medias. Por tanto, la actuación del decodificador FEC 23 es mejorado de forma significativa, dando lugar a un porcentaje bajo de error binario (VER) emitido desde el decodificador.

45 De acuerdo con una realización ilustrativa del método de retransmisión ARQ híbrido en un sistema de comunicación, los paquetes de datos que son codificados con una técnica de corrección de error directa (FEC) antes de la transmisión, son retransmitidos basados en una solicitud de repetición automática y posteriormente combinados de forma flexible con los paquetes de datos erróneos recibidos previamente o bien sobre una base de símbolo a símbolo o de bit a bit, siendo modulados los símbolos de dichos paquetes de datos erróneos empleando una primera constelación de señales y siendo modulados los símbolos de dichos paquetes de datos retransmitidos empleando al menos una constelación de señales predeterminada, teniendo cada bit de símbolo una fiabilidad binaria media definida por las fiabilidades binarias individuales sobre todos los símbolos de la constelación de la señal predeterminada, **caracterizado** por que la primera y al menos la segunda constelación de señales predeterminada

50

para los paquetes de datos son elegidas de manera que son promediadas las fiabilidades binarias medias para los bits respectivos de todas las transmisiones.

De acuerdo con la realización adicional del método de retransmisión, las respectivas distancias Euclídeas entre al menos dos símbolos modulados de la primera y segunda constelación de señal son diferentes.

- 5 De acuerdo con la realización adicional del método de retransmisión, el esquema de modulación empleado es la Modulación de amplitud en Cuadratura (QAM), en la que se disponen más de dos bits sobre un símbolo.

De acuerdo con la realización adicional del método de retransmisión, los bits de símbolo de los paquetes de datos son codificados Gray.

- 10 De acuerdo con la realización adicional del método de retransmisión, el esquema de modulación empleado es 16 DAM y que durante la modulación se asignan a cada uno de los cuatro bits de símbolo uno de dos niveles de fiabilidades medias binarias.

- 15 De acuerdo con la realización adicional del método de retransmisión, durante la modulación que emplea la primera constelación de señal, a dos bits de un símbolo se les asigna una alta fiabilidad binaria media y a los dos bits restantes del símbolo se les asigna una baja fiabilidad binaria media y durante la modulación que emplea la segunda constelación de señales, las fiabilidades binarias medias invertidas son asignadas a los bits de símbolo respectivos.

De acuerdo con la realización adicional del método de retransmisión, el esquema de modulación empleado es 64 CAM y que durante la modulación se asignan a cada uno de los seis bits de símbolo uno de los tres niveles de fiabilidades binarias medias.

- 20 De acuerdo con la realización adicional del método de retransmisión, durante la modulación que emplea la primera constelación de señal, a dos bits de un símbolo se les asigna una alta fiabilidad binaria media, a dos bits adicionales se les asigna una fiabilidad binaria media intermedia y a dos bits restantes del símbolo se les asigna una baja fiabilidad binaria media, y que durante la modulación que emplea la segunda constelación de señal y una tercera constelación de señal, las fiabilidades binarias medias invertidas se asignan a los bits de símbolos respectivos. de tal manera que la suma de las fiabilidades binarias medias para los bits correspondientes sobre todas las (re)-transmisiones es casi igual.

De acuerdo con una realización ilustrativa de un receptor en un sistema de comunicación incorporado para llevar a cabo el método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, comprende además medios de tablas para almacenar el primer y al menos el segundo patrón de constelación de señal.

- 30 De acuerdo con la realización adicional del receptor, el receptor comprende además medios de almacenamiento para almacenar la secuencia de constelaciones de señal empleadas para modular los bits de símbolos durante todas las (re)-transmisiones.

De acuerdo con una realización ilustrativa de un transmisor en un sistema de comunicación, el transmisor comprende además medios de tablas para almacenar el primer y el al menos segundo patrón de constelación de señal.

- 35 De acuerdo con la realización adicional, el transmisor comprende además medios para señalar la secuencia de constelaciones de señal empleadas para modular los bits de símbolo para todas las (re)-transmisiones al receptor.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de comunicación (10) que realiza una transmisión de solicitud de repetición automática con una redistribución en constelación, que comprende:

una sección de codificación (12) que codifica paquetes de datos con una corrección de error directa;

5 una sección de mapeo (13) que mapea los paquetes de datos codificados usando una primera constelación de señal y una segunda constelación de señal de entre una pluralidad de constelaciones de señal predeterminadas de un esquema de Modulación de Amplitud de Cuadratura de 16 o 64 para generar un primer símbolo y un segundo símbolo respectivamente, cada bit mapeado en el primer símbolo y el segundo símbolo que tiene una fiabilidad de bit individual sobre los puntos de constelación de la constelación de señal predeterminada; y

10 una sección de transmisión (30) que transmite el primer símbolo en una primera transmisión y transmite el segundo símbolo en una retransmisión;

en el que, para cada uno de los puntos de la constelación, una secuencia de bits que se mapeará usando la primera constelación y una secuencia de bits que se mapeará usando la segunda constelación son diferentes entre sí en al menos una de las posiciones de bits y valores lógicos de los bits.

15 **2.** El aparato de comunicación de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende medios adaptados para seleccionar la primera constelación de señal y la segunda constelación de señal para los paquetes de datos (7) de tal manera que las fiabilidades binarias medias para los bits respectivos mapeados en el símbolo se promedian combinando el primero símbolo modulado utilizando la primera constelación de señal con el segundo símbolo modulado utilizando la segunda constelación de señal.

20 **3.** El aparato de comunicación según la reivindicación 1 o 2, en el que la sección de codificación (12) está adaptada para codificar por codificación Gray los bits de símbolo de los paquetes de datos.

4. El aparato de comunicación de acuerdo con una de las reivindicaciones 1-3, en el que el esquema de modulación empleado es 16 QAM y que durante la modulación se asigna a uno de los dos niveles de fiabilidad binaria medio a cada uno de los cuatro bits de símbolo.

25 **5.** El aparato de comunicación de acuerdo con una de las reivindicaciones 1-3, en el que el esquema de modulación empleado es 64 QAM y que durante la modulación se asignan a cada uno de los seis bits de símbolo uno de los tres niveles de fiabilidades binarias medios.

6. Un método de transmisión ARQ con una redistribución de la constelación en un aparato de comunicación que comprende los siguientes pasos:

30 codificación de paquetes de datos con una corrección de error directa;

mapear los paquetes de datos codificados usando una primera constelación de señal y una segunda constelación de señal de entre una pluralidad de constelaciones de señal predeterminadas de un esquema de Modulación de Amplitud de Cuadratura de 16 o 64 para generar un primer símbolo y un segundo símbolo respectivamente, teniendo cada bit mapeado en el primer símbolo y el segundo símbolo una fiabilidad binaria individual sobre los puntos de constelación de la constelación de señal predeterminada; y

35 transmitir el primer símbolo en una primera transmisión y el segundo símbolo en una retransmisión;

en el que, para cada uno de los puntos de la constelación, una secuencia de bits a mapear usando la primera constelación y una secuencia de bits a mapea usando la segunda constelación son diferentes entre sí en al menos una de las posiciones binarias y valores lógicos de los bits.

40

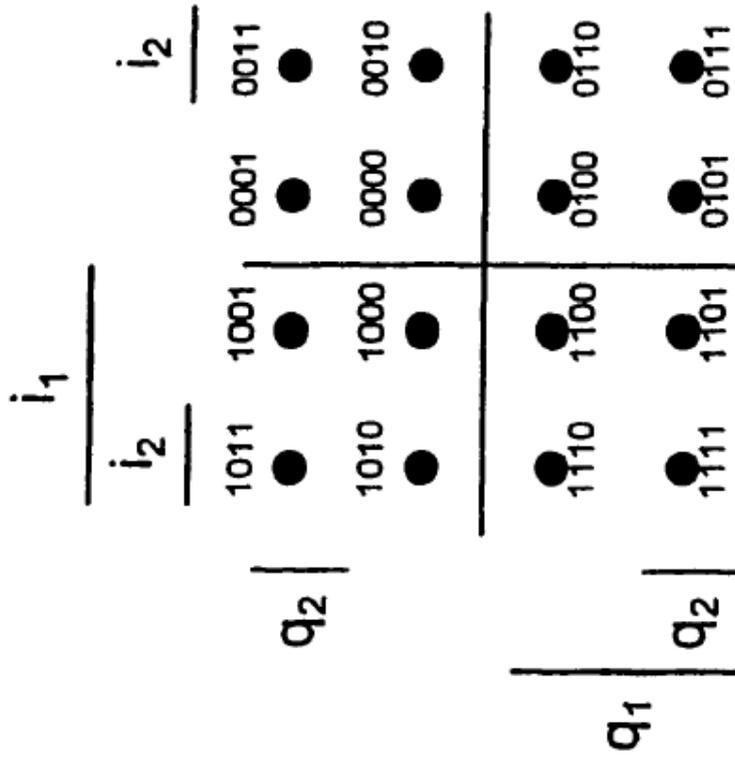
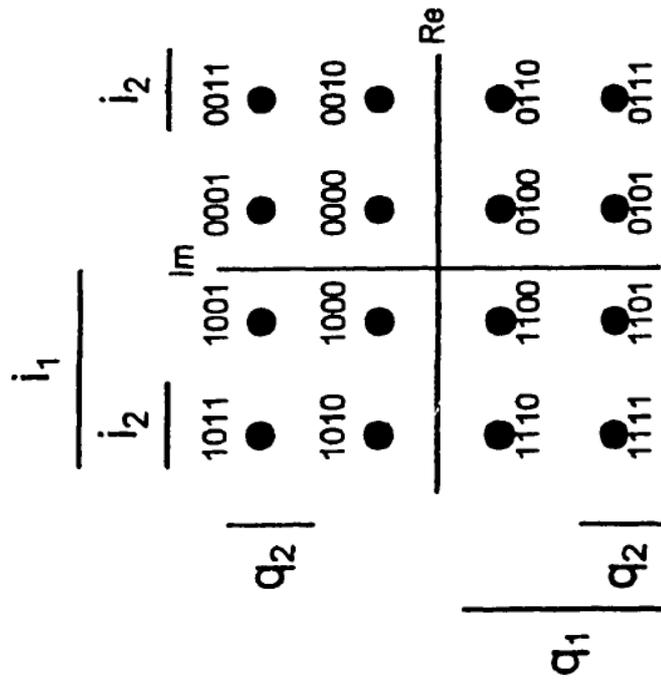


Figura 1

Constelación 1



Constelación 2

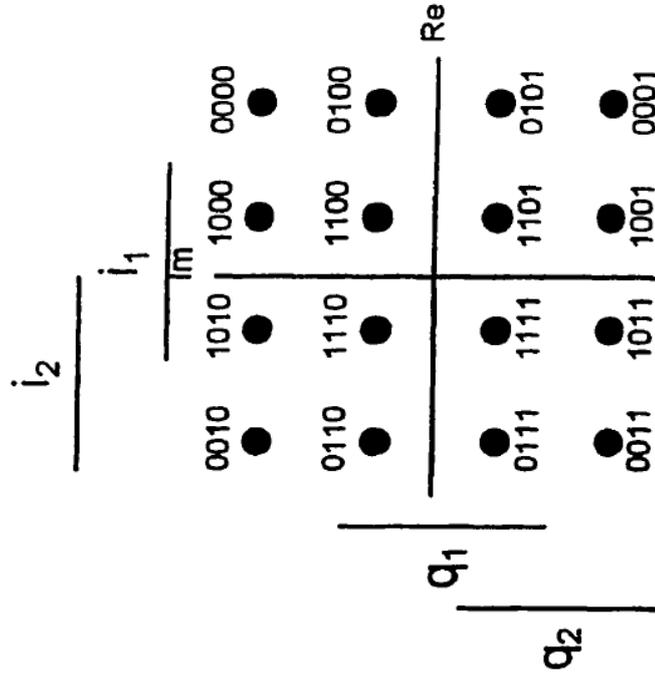
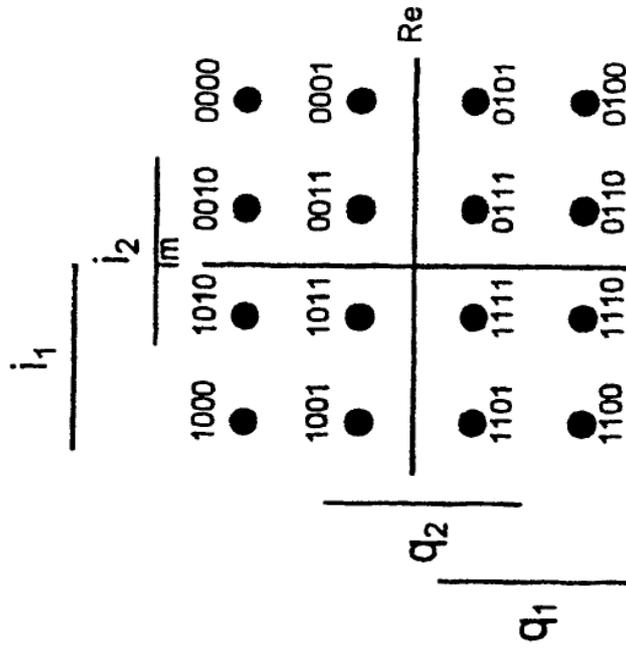


Figura 2a

Constelación 4



Constelación 3

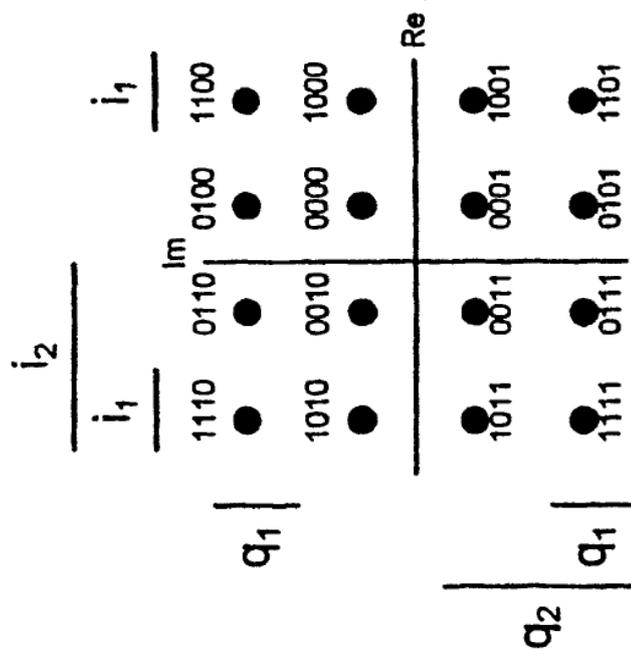


Figura 2b

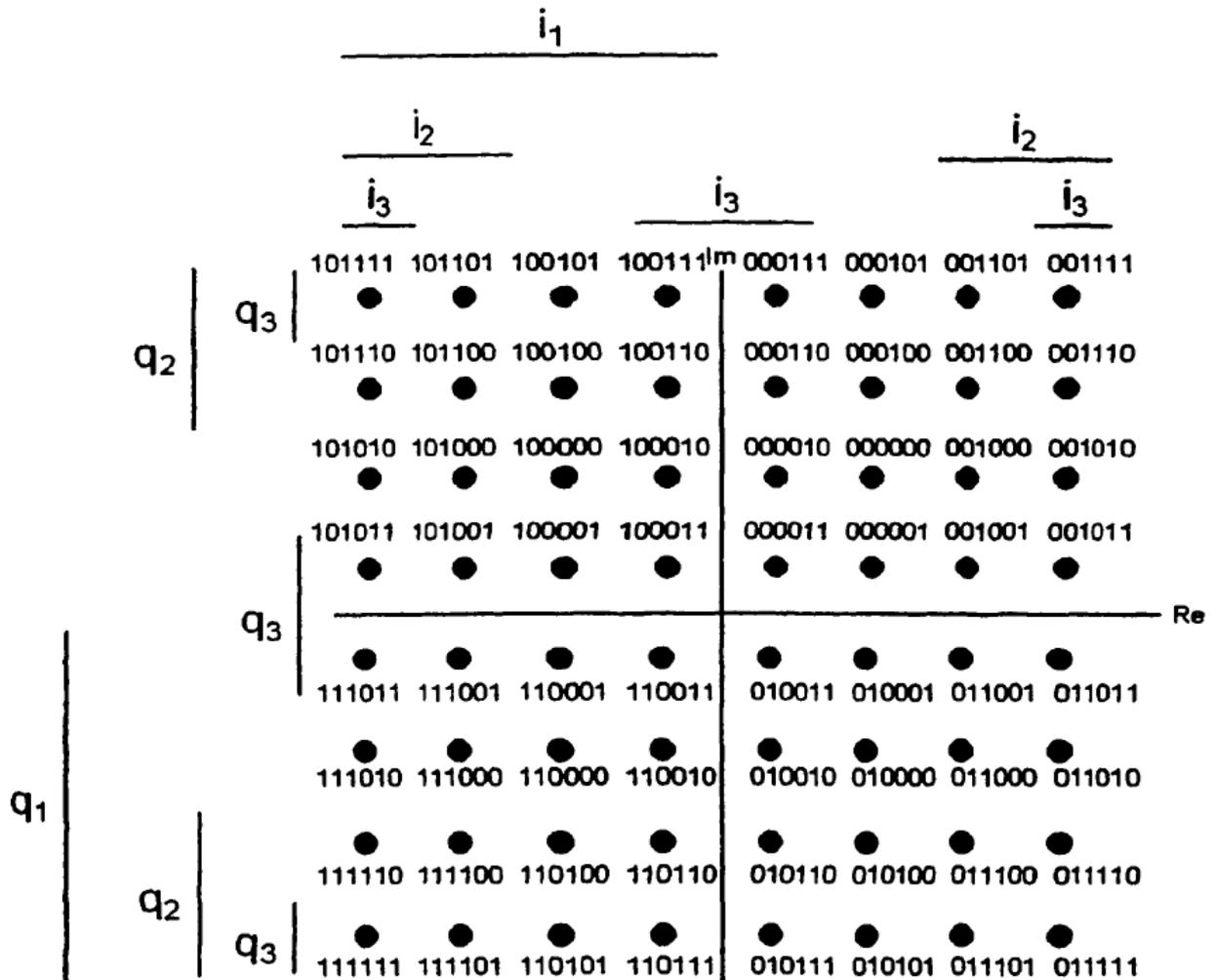
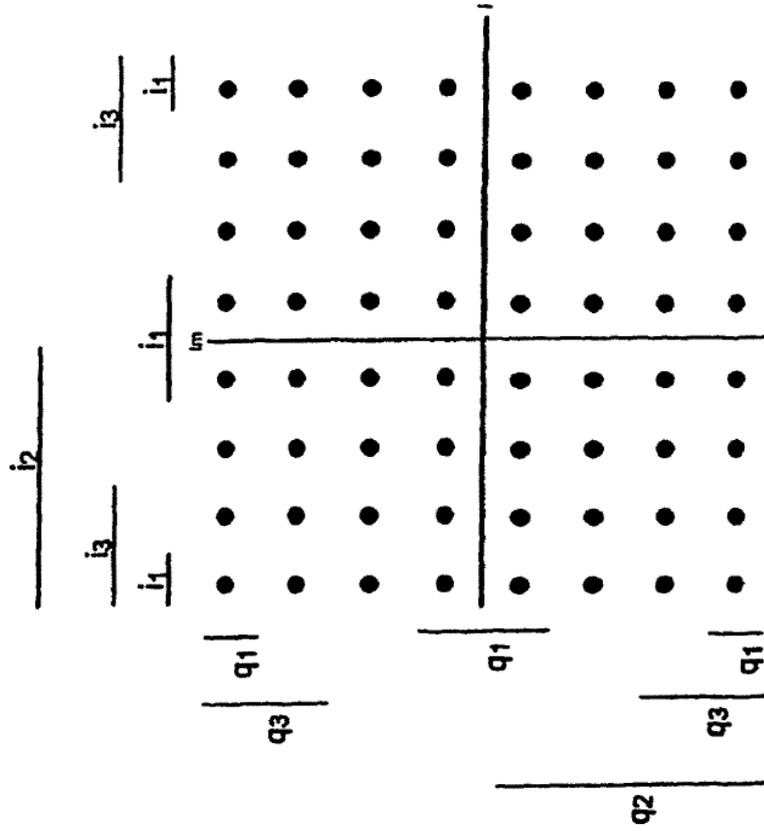


Figura 3

Constelación 2



Constelación 1

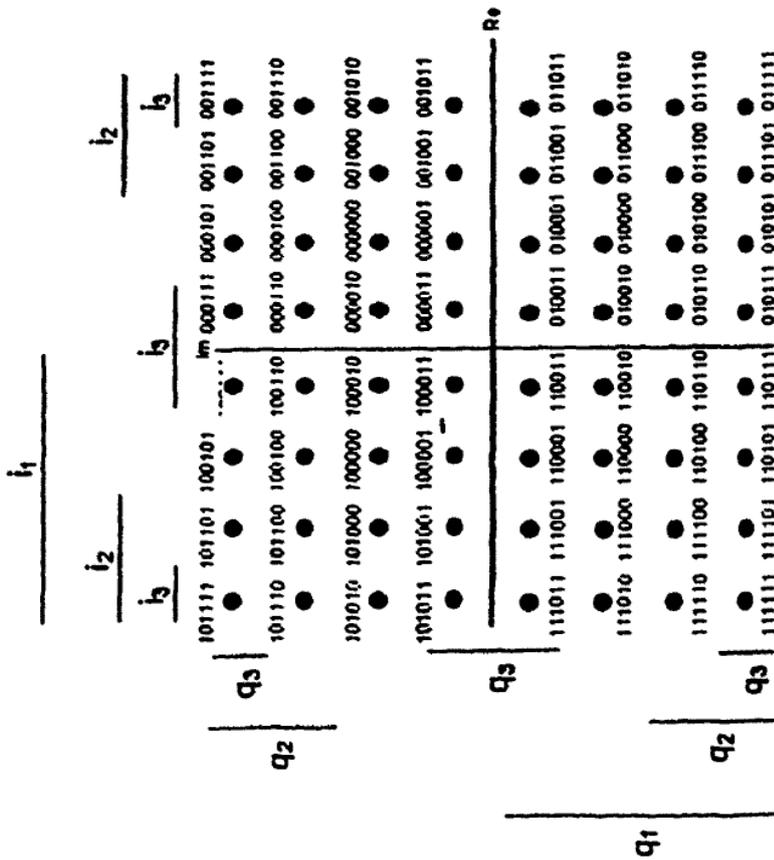


Figura 4a

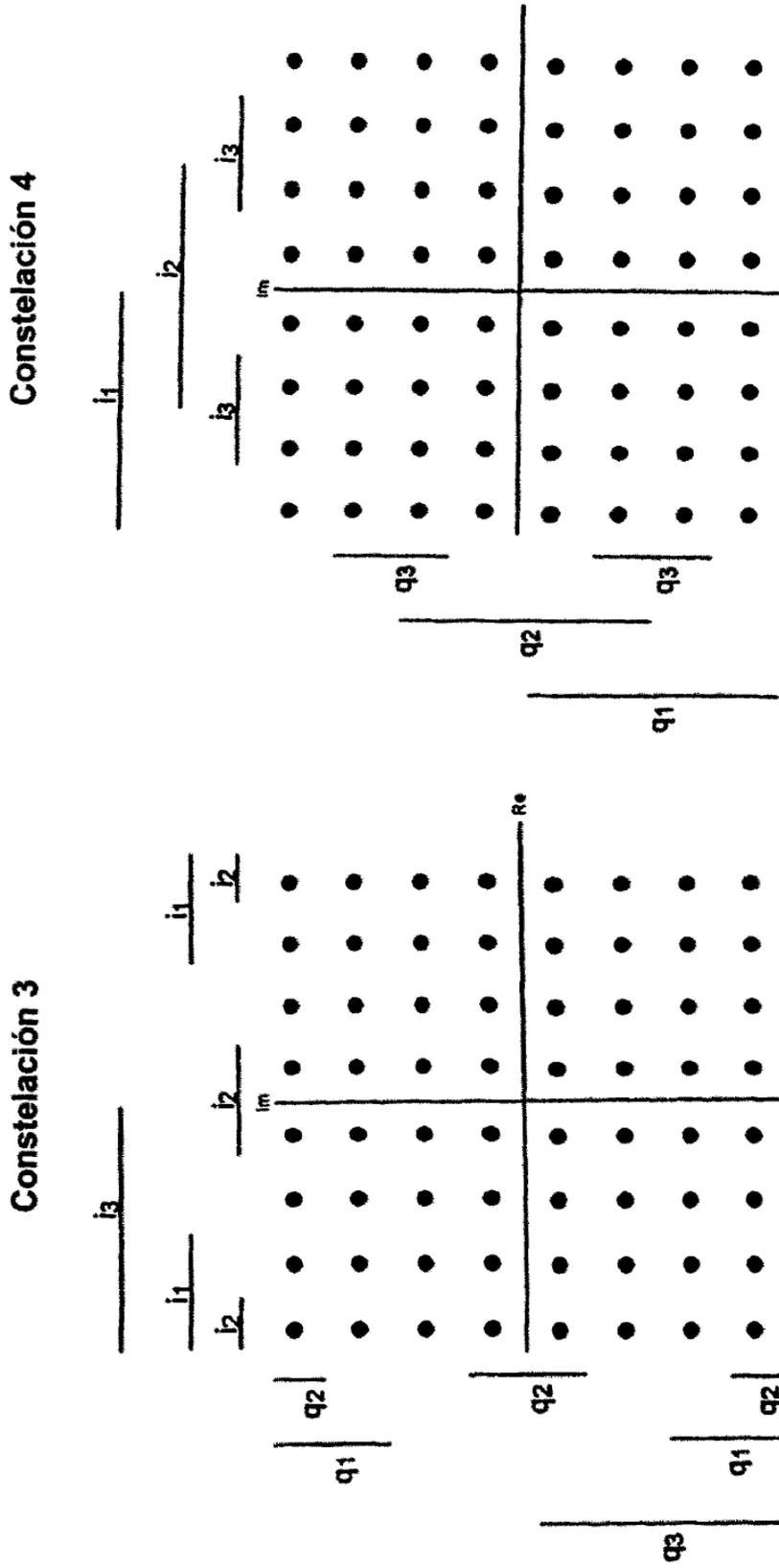


Figura 4b

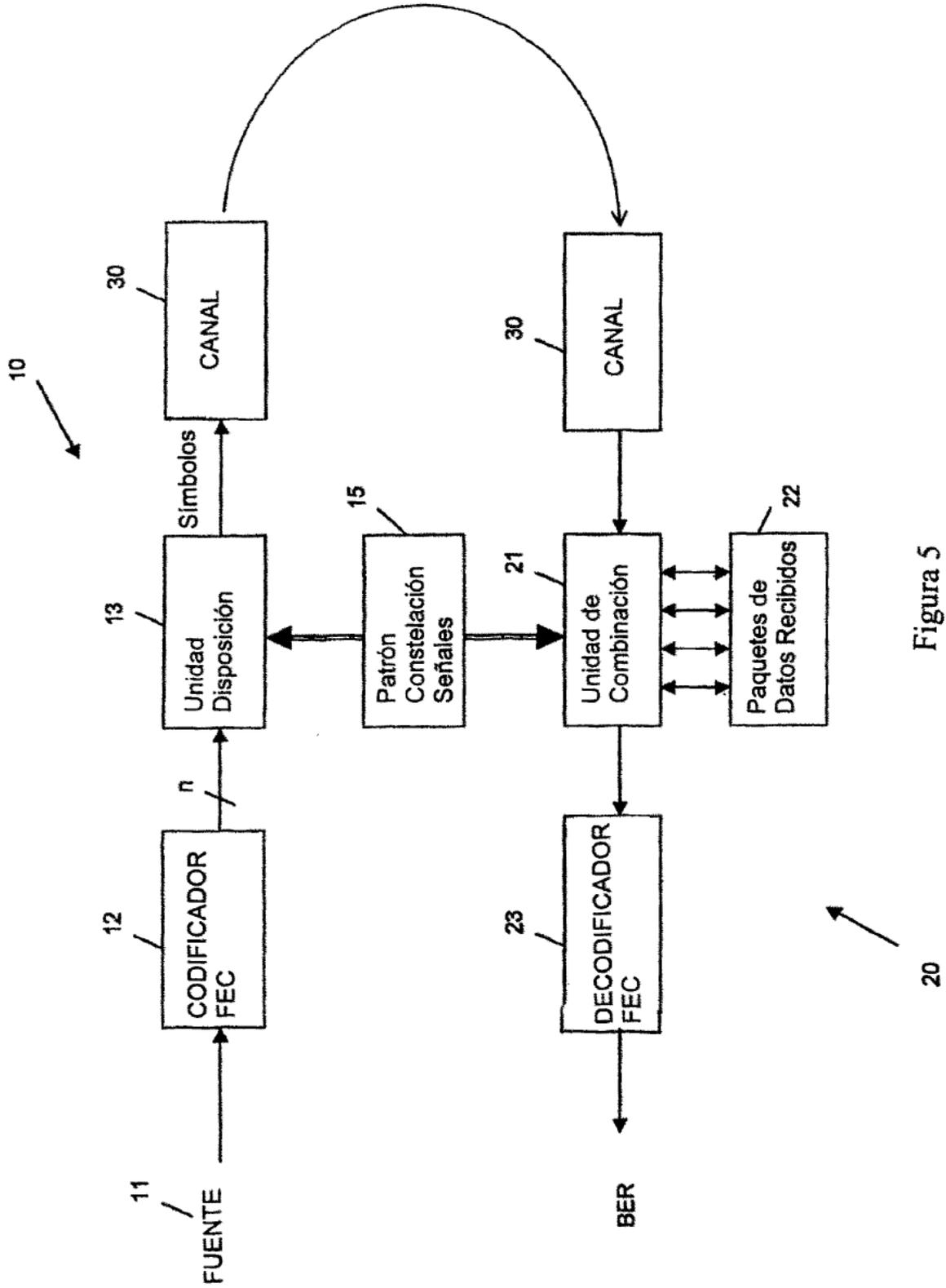


Figura 5

20

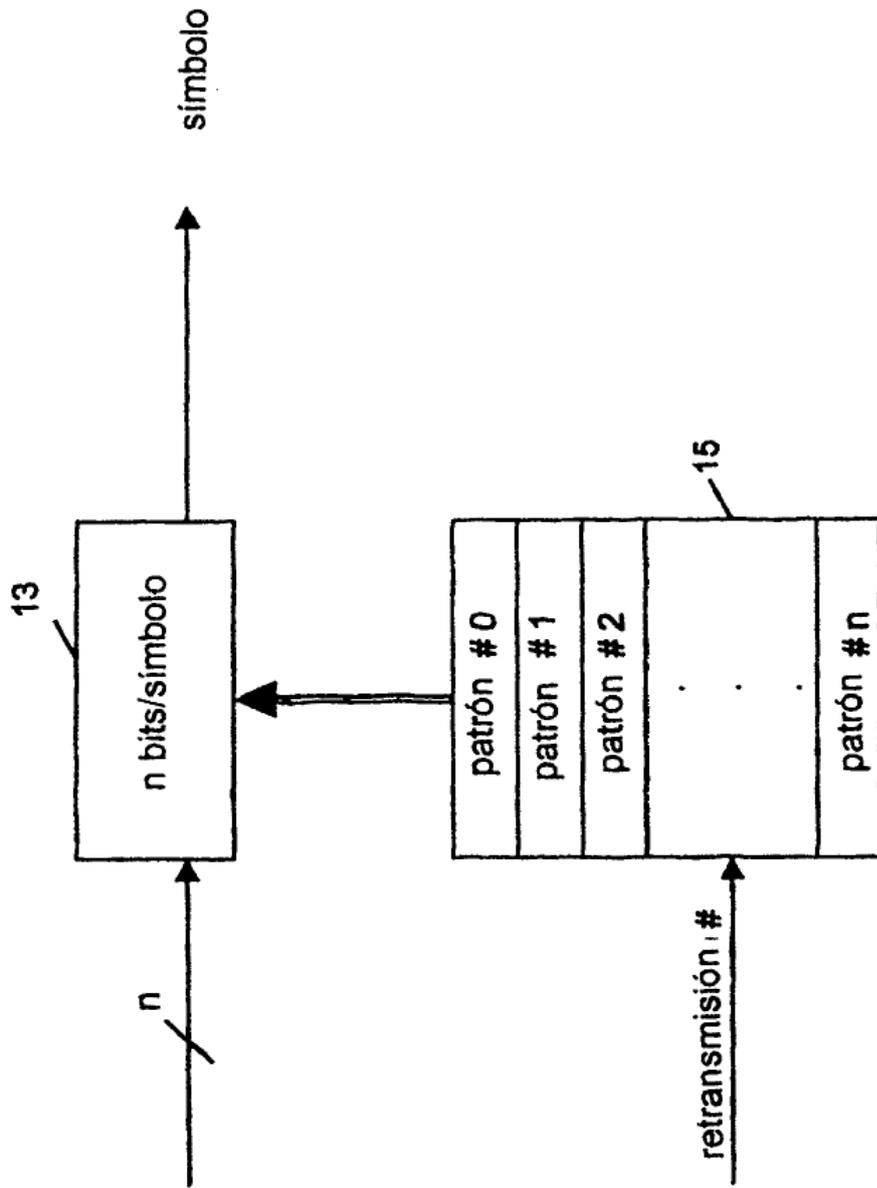


Figura 6