

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 606 218**

51 Int. Cl.:

**H04L 12/00** (2006.01)

**H03M 13/29** (2006.01)

**H03M 13/00** (2006.01)

**H04L 1/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.07.2000 E 04020162 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.09.2016 EP 1487117**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento de adaptación de velocidad para un sistema de comunicación de datos**

30 Prioridad:

**06.07.1999 KR 9926978**

**10.07.1999 KR 9927865**

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

**23.03.2017**

73 Titular/es:

**SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. (100.0%)**

**129, Samsung-ro, Yeongtong-gu  
Suwon-si, Gyeonggi-do, 443-742, KR**

72 Inventor/es:

**KIM, MIN-GOO;  
KIM, BEONG-JO;  
KIM, SE-HYONG;  
CHOI, SOON-JAE y  
LEE, YOUNG-HWAN**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 606 218 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

Dispositivo y procedimiento de adaptación de velocidad para un sistema de comunicación de datos

**Antecedentes de la invención****1. Campo de la invención**

- 5 La presente invención se refiere, en general, a un dispositivo y procedimiento de codificación de canal para un sistema de comunicación de datos y, en particular, a un dispositivo y procedimiento para adaptar en velocidad los símbolos codificados en canal.

**2. Descripción de la técnica relacionada**

- 10 En general, en los sistemas de comunicación digitales tales como sistemas de satélites, los sistemas RDSI (red digital de servicios integrados), los sistemas móviles digitales, los sistemas W-CDMA (acceso múltiple por división de código de banda ancha), los sistemas UMTS (sistemas móviles universales de telecomunicaciones) y los sistemas IMT-2000 (telecomunicación móvil internacional-2000), los datos de usuario fuente se codifican en un canal con un código de corrección de errores antes de la transmisión con el fin de aumentar la fiabilidad del sistema. Normalmente se usan un código de convolución y un código de bloque lineal para la codificación de canal y, para el código de bloque lineal, se usa un solo decodificador. Recientemente, además de estos códigos, también se está usando ampliamente un código turbo, que es útil para la transmisión y la recepción de datos.

- 15 En sistemas de comunicación de acceso múltiple que soportan múltiples usuarios y sistemas de comunicación multicanal con múltiples canales, los símbolos codificados de canal se adaptan con un número dado de símbolos de canal de transmisión, con el fin de aumentar la eficiencia de la transmisión de datos y mejorar el rendimiento del sistema. Un procedimiento de este tipo se denomina "adaptación de velocidad". La adaptación de velocidad también se realiza para adaptar en velocidad los símbolos de salida con la velocidad de símbolos de transmisión. Los procedimientos de adaptación de velocidad típicos incluyen perforar o repetir partes de los símbolos codificados en canal.

- 20 Un dispositivo de adaptación de velocidad convencional se muestra en la figura 1. Haciendo referencia a la figura 1, un codificador 100 de canal codifica los bits (k) de información de entrada a una velocidad de codificación  $R = k/n$ , y emite los símbolos (n) codificados. Un multiplexor (MUX) 110 multiplexa los símbolos codificados. Un bloque 120 de adaptación de velocidad adapta en velocidad los símbolos codificados multiplexados perforando o repitiendo, y emite los símbolos adaptados en velocidad a un transmisor (no mostrado). El codificador 100 de canal opera en cada período de un reloj de símbolos con una velocidad de RELOJ, y el multiplexor 110 y el bloque 120 de adaptación de velocidad operan en cada periodo predeterminado de un reloj que tiene una velocidad de  $n \times \text{RELOJ}$ .

- 25 Debería observarse que el dispositivo de adaptación de velocidad de la figura 1 se propone que se aplique al caso en el que se usa un código no sistemático tal como un código de convolución o un código de bloque lineal para la codificación de canal. Para los símbolos, el canal codificado con un código no sistemático, tal como un código convolucional o un código de bloque lineal, debido a que no hay peso entre símbolos, es decir, ya que la sensibilidad de error de los símbolos codificados emitidos desde el codificador 100 de canal es similar para cada símbolo dentro de una trama, es posible que los símbolos codificados por el codificador 100 de canal se proporcionen al bloque 120 de adaptación de velocidad sin distinción y sufran una perforación o una repetición, como se muestra en la figura 1.

- 30 Sin embargo, cuando se usan códigos sistemáticos, tales como un código turbo, hay peso entre los símbolos, por lo que no es bueno para los símbolos codificados en canal que se proporcionen al bloque 120 de adaptación de velocidad para someterse igualmente a una perforación o a una repetición. Debido a que el peso no es igual entre los símbolos de información y los símbolos de paridad, se recomienda que el bloque 120 de adaptación de velocidad pueda perforar los símbolos de paridad fuera de los símbolos turbo-codificados, pero no debería perforar los símbolos de información. Como un caso alternativo, el bloque 120 de adaptación de velocidad puede repetir los símbolos de información fuera de los símbolos turbo-codificados para aumentar la energía de los símbolos, pero no debería repetir los símbolos de paridad, si es posible. Es decir, es difícil usar el dispositivo de adaptación de velocidad de la figura 1 cuando se usa un código turbo. Esto es natural a la luz de los hechos, que la estructura de la figura 1 está disponible solo para códigos no sistemáticos tales como los códigos convolucionales o códigos de bloque lineal, y el código turbo tiene nuevas propiedades diferentes de las de los códigos de convolución y de las de los códigos de bloque lineal.

- 35 40 45 50 Recientemente, para resolver tal problema, se ha propuesto un procedimiento para adaptar en velocidad los símbolos codificados en canal con el código turbo. Sin embargo, un procedimiento de este tipo solo puede usarse cuando se adapta la velocidad a los símbolos turbo-codificados y no puede usarse cuando se adapta la velocidad a los símbolos codificados en canal con los códigos convolucionales existentes o los códigos de bloque lineal.

- 55 Por lo tanto, existe la necesidad de un único dispositivo y procedimiento para adaptar en velocidad ambos símbolos codificados en canal con un código no sistemático existente y los símbolos codificados en canal con un código sistemático. Por ejemplo, un sistema de comunicación de datos diseñado para soportar tanto el código no

sistemático como el código sistemático requiere dos estructuras diferentes con el fin de adaptar en velocidad ambos códigos, lo que provoca un aumento de la complejidad. Sin embargo, si es posible adaptar en velocidad los diferentes códigos usando una sola estructura, se reducirá la complejidad de la implementación.

- 5 La base de datos www.3gpp.org, Proyecto de asociación de 3ª generación: 12 de mayo de 1999, Nortel Networks: "TSGR1#(99)467: Proposal for rate matching for Turbo Codes". XP002202243, desvela una adaptación de velocidad de entrelazado de canales para turbo códigos con un bloque de perforación RM y un bloque de repetición RM. La operación de adaptación de velocidad se realiza por perforación y por repetición en secuencia. Los bits sistemáticos se desvían y los bits de paridad se perforan.

### **Sumario de la invención**

- 10 Es, por lo tanto, un objeto de la presente invención proporcionar un dispositivo y un procedimiento para adaptar en velocidad ambos símbolos codificados en canal con un código no sistemático y los símbolos codificados en canal con un código sistemático, usando una estructura única, en un sistema de comunicaciones de datos.

- 15 Es otro objeto de la presente invención proporcionar un dispositivo y un procedimiento para adaptar en velocidad selectivamente los símbolos codificados en canal con un código no sistemático o los símbolos codificados en canal con un código sistemático en un sistema de comunicación de datos que soporta tanto un código no sistemático como un código sistemático.

Es además otro objeto de la presente invención proporcionar un dispositivo y un procedimiento para adaptar en velocidad los símbolos codificados en canal para aumentar la eficiencia de transmisión de datos y para mejorar el rendimiento del sistema en un sistema de comunicación de datos.

- 20 Para lograr los anteriores y otros objetos, se propone un dispositivo y un procedimiento para adaptar una velocidad de los símbolos codificados en canal en un sistema de comunicación de datos de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas.

### **Breve descripción de los dibujos**

- 25 Los anteriores y otros objetos, características y ventajas de la presente invención serán más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada cuando se toma junto con los dibujos adjuntos en los que:

la figura 1 es un diagrama que ilustra una estructura de un dispositivo de adaptación de velocidad de acuerdo con la parte anterior;

las figuras 2 y 3 son diagramas que ilustran unas estructuras de dispositivos de adaptación de velocidad de acuerdo con la realización de la presente invención;

- 30 la figura 4 es un diagrama que ilustra una estructura de un dispositivo de adaptación de velocidad por perforación de acuerdo con una realización de la presente invención;

la figura 5 es un diagrama que ilustra una estructura de un dispositivo de adaptación de velocidad por perforación de acuerdo con otra realización de la presente invención;

- 35 la figura 6 es un diagrama detallado que ilustra una estructura del codificador turbo mostrado en la figura 5;

la figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de adaptación de velocidad por perforación de acuerdo con una realización de la presente invención;

la figura 8 es un diagrama que ilustra una estructura de un dispositivo de adaptación de velocidad por perforación de acuerdo con una realización adicional de la presente invención;

- 40 la figura 9 es un diagrama que ilustra una estructura de un dispositivo de adaptación de velocidad por repetición de acuerdo con una realización de la presente invención;

la figura 10 es un diagrama que ilustra una estructura de un dispositivo de adaptación de velocidad por repetición de acuerdo con otra realización de la presente invención; y

la figura 11 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de adaptación de velocidad por repetición de acuerdo con una realización de la presente invención.

- 45 **Descripción detallada de la realización preferente**

A continuación, se describirán las realizaciones preferidas de la presente invención en el presente documento haciendo referencia a los dibujos adjuntos. En la siguiente descripción, las funciones o construcciones bien conocidas no se describen en detalle ya que obscurecerían la invención con un detalle innecesario.

### **Condiciones necesarias cuando se diseña un dispositivo de adaptación de velocidad**

- 50 En primer lugar, antes de describir la invención, se hará referencia a las condiciones que deberían considerarse cuando se adaptan en velocidad los símbolos codificados en canal con un código no sistemático, tal como un código convolucional o un código de bloque lineal (en la descripción siguiente, se supone que el código no sistemático es un código convolucional). A continuación, las condiciones 1A a 3A son las condiciones que deberían tenerse en cuenta cuando los símbolos codificados se adaptan en velocidad por perforación, y las condiciones 1C y 2C a
- 55 continuación son las condiciones que deberían tenerse en cuenta cuando los símbolos codificados se adaptan en

velocidad por repetición.

Condición 1A: una secuencia de símbolos de entrada, que son símbolos codificados, debería perforarse usando un patrón de perforación que tenga un período específico.

Condición 2A: el número de bits perforados fuera de los símbolos de entrada debería minimizarse, si es posible.

5 Condición 3A: debería usarse un patrón de perforación uniforme de tal manera que la secuencia de símbolos de entrada, que es la salida de símbolos codificados de un codificador, debería perforarse uniformemente.

Condición 1C: una secuencia de símbolos de entrada, que son símbolos codificados, debería repetirse usando un patrón de repetición que tenga un período específico.

10 Condición 2C: debería usarse un patrón de repetición uniforme de tal manera que la secuencia de símbolos de entrada, que es la salida de símbolos codificados de un codificador, debería repetirse uniformemente.

Estas condiciones se basan en el supuesto de que la sensibilidad de error de los símbolos emitidos desde el codificador usando un código convolucional es casi la misma para cada símbolo dentro de una trama (o palabra de código). En realidad, se sabe que cuando se usan las condiciones anteriores como factores de limitación principales en la realización de la perforación para la adaptación de velocidad, se obtienen resultados afirmativos como se muestra en las siguientes referencias: [1] G.D. Forney, "Convolutional codes I: Algebraic structure" IEEE Trans. Informa. Teoría, vol. IT-16, págs. 720-738, noviembre de 1970 [2] J.B. Cain, G.C. Clark y J.M. Geist, "Punctured convolutional codes of rate  $(n-1)/n$  and simplified maximum likelihood decoding", IEEE Trans. Informa. Teoría, vol. IT - 25, págs. 97 - 100, enero de 1979.

20 A continuación, se hará referencia a las condiciones que deberían considerarse cuando se adaptan en velocidad los símbolos codificados en canal con un código sistemático (en la descripción siguiente, se supondrá que el código sistemático es un código turbo). Las condiciones 1B a 5B siguientes son las condiciones que deberían tenerse en cuenta cuando se adaptan en velocidad los símbolos codificados por perforación y las condiciones 1D a 5D son las condiciones que deberían considerarse cuando se adaptan en velocidad los símbolos codificados por repetición.

25 Condición 1B: ya que un código turbo es un código sistemático, la parte correspondiente a los símbolos de información fuera de los símbolos codificados por el codificador no debería perforarse. Además, por la razón adicional de que se use un decodificador iterativo como decodificador para el código turbo, la parte correspondiente a los símbolos de información no debería perforarse.

30 Condición 2B: ya que un codificador turbo está compuesto por dos codificadores de componente conectados en paralelo, es preferible maximizar la distancia libre mínima de cada uno de los dos codificadores de componente, para la distancia libre mínima de todo el código. Por lo tanto, para obtener un rendimiento óptimo, los símbolos de paridad de salida de los dos codificadores de componente deberían perforarse uniformemente.

35 Condición 3B: en la mayoría de los decodificadores iterativos, ya que la decodificación se realiza desde el primer decodificador interno, el primer símbolo de salida del primer decodificador de componente no debería perforarse. En otras palabras, el primer símbolo de un codificador no debería perforarse independientemente de si es unos bits sistemáticos o de paridad, debido a que el primer símbolo indica el punto de partida de la codificación.

Condición 4B: los símbolos de paridad de salida de cada codificador de componente deberían perforarse usando un patrón de perforación uniforme de tal manera que los símbolos codificados emitidos desde el codificador, tal como el código convolucional existente, deberían perforarse uniformemente.

40 Condición 5B: los bits de cola de terminación usados para el codificador turbo no deberían perforarse debido al efecto perjudicial sobre el rendimiento del decodificador. Por ejemplo, un decodificador SOVA (algoritmo de Viterbi de salida suave) tiene un rendimiento bajo cuando se perforan los bits de cola de terminación, en comparación con el caso donde los bits de cola de terminación no están perforados.

45 Condición 1D: ya que un código turbo es un código sistemático, debería repetirse una parte correspondiente a los símbolos de información fuera de los símbolos codificados por el codificador para aumentar la energía de los símbolos. Además, ya que se usa un decodificador iterativo como decodificador para el código turbo, la parte correspondiente a los símbolos de información debería repetirse con frecuencia.

50 Condición 2D: ya que un codificador turbo está compuesto por dos codificadores de componente conectados en paralelo, es preferible maximizar la distancia libre mínima de cada uno de los dos codificadores de componente, para la distancia libre mínima de todo el código. Por lo tanto, cuando se repiten los símbolos de paridad, los símbolos de paridad de salida de los dos codificadores de componente deberían repetirse uniformemente con el fin de obtener un rendimiento óptimo.

Condición 3D: en la mayoría de los decodificadores iterativos, ya que la decodificación se realiza desde el primer decodificador interno, el primer símbolo de salida del primer decodificador de componente debería repetirse preferentemente cuando se repiten los símbolos de paridad.

Condición 4D: los símbolos de paridad de salida de cada codificador de componente deberían repetirse usando un patrón de repetición uniforme de tal manera que los símbolos codificados emitidos desde el codificador, tales como el código de convolución existente, deberían repetirse uniformemente.

5 Condición 5D: los bits de cola de terminación usados para el codificador turbo deberían repetirse debido al efecto sobre el rendimiento del decodificador. Por ejemplo, un decodificador SOVA (algoritmo de Viterbi de salida suave) tiene un rendimiento diferente de acuerdo con si se repiten o no los bits de cola de terminación.

La presente invención pretende implementar un dispositivo de adaptación de velocidad que satisfaga no solo las condiciones 1A-3A y 1C-2C, sino también las condiciones 1B-5B y 1D-5D. Es decir, un dispositivo de adaptación de velocidad por perforación de acuerdo con la presente invención sirve como un dispositivo de adaptación de velocidad que satisface las condiciones 1A a 3A, para símbolos codificados convolucionalmente y también sirve como un dispositivo de adaptación de velocidad que satisface las condiciones 1B a 5B, para los símbolos turbo-codificados. El dispositivo de adaptación de velocidad por repetición de acuerdo con la presente invención sirve como un dispositivo de adaptación de velocidad que satisface las condiciones 1C a 2C para los símbolos codificados convolucionalmente y también sirve como un dispositivo de adaptación de velocidad que satisface las condiciones 1D a 5D para los símbolos turbo-codificados.

**Estructura fundamental del dispositivo de adaptación de velocidad**

Las realizaciones de las estructuras de dispositivo de adaptación de velocidad de acuerdo con la presente invención se muestran en las figuras 2 y 3. Más específicamente, la figura 2 muestra un ejemplo de un dispositivo de adaptación de velocidad implementado en hardware de acuerdo con una realización de la presente invención, y la figura 3 muestra un ejemplo de un dispositivo de adaptación de velocidad implementado en software de acuerdo con una realización de la presente invención.

Haciendo referencia a la figura 2, un canal de codificador 200 de canal codifica los bits de información de entrada a una velocidad de codificación  $R = k/n$ , y emite los símbolos codificados. En este caso,  $n$  indica el número de símbolos codificados que constituyen una palabra de código, y  $k$  indica el número de bits de información de entrada que constituyen una palabra de información de entrada. Hay  $n$  bloques 231-239 de adaptación de velocidad, cada uno de los cuales recibe por separado los símbolos codificados, emitidos desde el codificador 200 de canal, mediante un número de símbolos de entrada determinados de acuerdo con la velocidad de codificación, y perfora/repite los símbolos recibidos. Los  $n$  bloques 231-239 de adaptación de velocidad reciben cada uno por separado los símbolos codificados, emitidos desde el codificador 200 de canal, por el número determinado multiplicando el número de los símbolos codificados en una trama por la velocidad de codificación. Por ejemplo, si el número de símbolos codificados en una trama es 10 y la velocidad de codificación es  $R = 1/5$ , cada uno de los 5 bloques de adaptación de velocidad recibe 2 símbolos por separado. Los bloques 231-239 de adaptación de velocidad perforan cada uno los símbolos recibidos de acuerdo con un patrón de perforación predeterminado o repiten los símbolos recibidos de acuerdo con un patrón de repetición predeterminado. Un multiplexor 240 multiplexa los símbolos de adaptación de velocidad a partir de los bloques 231-239 de adaptación de velocidad y emite los símbolos multiplexados a un transmisor de canal (no mostrado). Ya que el transmisor de canal está más allá del ámbito de la presente invención, se evitará una descripción detallada del transmisor de canal en el presente documento. La operación de adaptación de velocidad de los bloques 231 - 239 de adaptación de velocidad resultará más evidente a partir de la siguiente descripción detallada de las realizaciones de la presente invención.

Haciendo referencia a la figura 3, un canal de codificador 200 de canal codifica los bits de información de entrada a una velocidad de codificación  $R = k/n$ , y emite los símbolos codificados. Un procesador 250 de señales digitales (DSP) que tiene un módulo de adaptación de velocidad, realiza la adaptación de velocidad (o perforado/repetición) en los símbolos codificados en canal por el codificador 200 de canal, usando el módulo de adaptación de velocidad. Los símbolos codificados en canal por el DSP 250 se emiten al transmisor de canal. El DSP 250 de adaptación de velocidad recibe por separado los símbolos codificados de una trama de  $n$  flujos de datos separados, donde el número de símbolos recibidos de cada flujo es igual al número de los símbolos de entrada determinados de acuerdo con la velocidad de codificación y perfora/repite los símbolos recibidos, de la misma manera como se muestra en la figura 2. En otras palabras, aunque el DSP 250 es un elemento único en hardware, realiza la misma operación de adaptación de velocidad que los  $n$  bloques de adaptación de velocidad de la figura 2. El DSP 250 también puede implementarse por una CPU (unidad de proceso central), y la operación de adaptación de velocidad puede implementarse por una subrutina. Cuando se usa en el presente documento la expresión "bloques de adaptación de velocidad", pretende referirse también a los módulos de adaptación de velocidad en el DSP 250.

Como se muestra en las figuras 2 y 3, un dispositivo de adaptación de velocidad de acuerdo con la presente invención puede tener una estructura que incluya tantos bloques de adaptación de velocidad como el número correspondiente a la velocidad de codificación (es decir, un recíproco de la velocidad de codificación cuando  $k = 1$ , pero si  $k \neq 1$ , entonces el número de los bloques de adaptación de velocidad puede ser igual a un recíproco de la velocidad de codificación multiplicado por  $k$ ), y cada bloque de adaptación de velocidad recibe tantos símbolos como el número determinado multiplicando el número de los símbolos codificados en una trama por la velocidad de codificación y perfora los símbolos recibidos de acuerdo con un patrón de perforación predeterminado o repite los símbolos recibidos de acuerdo con un patrón de repetición predeterminado. Esta estructura tiene la característica de

que los símbolos codificados en canal se procesan por separado, mientras que el dispositivo de adaptación de velocidad convencional de la figura 1 procesa los símbolos codificados en canal en una unidad de trama. El dispositivo de adaptación de velocidad modificado de acuerdo con la presente invención puede usarse tanto para códigos convolucionales como para códigos turbo. Es decir, un dispositivo de adaptación de velocidad de acuerdo con la presente invención tiene una única estructura que puede aplicarse tanto a los códigos convolucionales como a los códigos turbo, a pesar de que se requieren dos conjuntos diferentes de condiciones.

Un dispositivo de adaptación de velocidad de acuerdo con la presente invención puede tener también una estructura de la figura 8. Este dispositivo de adaptación de velocidad tiene una estructura combinada del dispositivo de adaptación de velocidad convencional de la figura 1 y el nuevo dispositivo de adaptación de velocidad de las figuras 2 y 3. Incluyendo un único bloque de adaptación de velocidad, el dispositivo de adaptación de velocidad tiene una complejidad baja, a pesar de implementarse por hardware.

Haciendo referencia a la figura 8, un canal de codificador 200 de canal codifica los bits de información de entrada a una velocidad de codificación  $R = k/n$ , y emite los símbolos codificados. Los símbolos codificados se multiplexan por un multiplexor 260 y los símbolos codificados multiplexados se emiten a un bloque 230 de adaptación de velocidad. Los símbolos adaptados en velocidad por el bloque 230 de adaptación de velocidad por perforación/repetición se transmiten a un transmisor de canal. Una RAM (memoria de acceso aleatorio) 270 almacena un valor inicial recibido durante la adaptación de velocidad realizada por el bloque 230 de adaptación de velocidad y proporciona el valor inicial al bloque 230 de adaptación de velocidad. El codificador 200 de canal opera en cada periodo del reloj de símbolo que tiene una velocidad de RELOJ, y el multiplexor 260 y el bloque 230 de adaptación de velocidad operan en un periodo predeterminado de un reloj que tiene una velocidad de  $n \times \text{RELOJ}$ . El valor inicial proporcionado a la RAM 270 incluye el número  $N_c$  de símbolo de entrada, el número  $N_i$  de símbolo de salida, el valor de error 'e' y el patrón de perforación/repetición que determina los parámetros 'a' y 'b'. El número de símbolos a perforar para cada trama de los símbolos codificados se determina por el número  $N_c$  de símbolo de entrada y el número  $N_i$  de símbolo de salida. La RAM 270 almacena el número  $N_c$  de símbolo de entrada correspondiente a cada reloj de símbolo en un periodo predeterminado, el número  $N_i$  de símbolo de salida, el valor de error 'e' y el patrón de perforación/repetición que determina los parámetros 'a' y 'b'. Cuando la adaptación de velocidad se realiza por perforación, el bloque 230 de adaptación de velocidad recibe el número  $N_c$  de símbolo de entrada correspondiente, el número  $N_i$  de símbolo de salida, el valor de error 'e' y el patrón de perforación que determina los parámetros 'a' y 'b' almacenados en la RAM 270, en cada periodo de reloj de símbolo, para determinar si el símbolo específico que se está procesando en cada periodo de reloj de símbolo necesita perforarse y realiza la perforación de acuerdo con el patrón de perforación correspondiente. Cuando la adaptación de velocidad se realiza por repetición, el bloque 230 de adaptación de velocidad recibe el número  $N_c$  de símbolo de entrada correspondiente, el número  $N_i$  de símbolo de salida, el valor de error 'e' y el patrón de repetición que determina los parámetros 'a' y 'b' almacenados en la RAM 270, en cada periodo de reloj de símbolo, para determinar si el símbolo específico que se está procesando en cada periodo de reloj de símbolo necesita repetirse, y realizar la repetición de acuerdo con el patrón de repetición correspondiente.

Cuando se usa un código convolucional o un código de bloque lineal en el codificador 200 de canal, el valor inicial se establece en un parámetro de perforación/repetición específico ( $N_c$ ,  $N_i$ , e, b, a) en la RAM 270. Es decir, La función 230 de adaptación de velocidad (RMB) funciona como se muestra en la figura 1, sin actualizar la RAM 270.

Cuando se usa un código turbo en el codificador 200 de canal, el bloque 230 de adaptación de velocidad debería operar secuencialmente desde RMB1 a RMBn (cada RMBx [ $x = 1$  a  $n$ ] está asociada con un conjunto de valores para  $N_c$ ,  $N_i$ , e, b y a) en cada periodo de reloj de símbolo designado como periodo 'n' (es decir, periodo  $n =$  el periodo de un reloj que tiene una velocidad de RELOJ). En otras palabras, en cada periodo de un reloj que tiene la velocidad de  $n \times \text{RELOJ}$ , el bloque 230 de adaptación de velocidad se actualiza con los valores de  $N_c$ ,  $N_i$ , e, a y b a partir de una de las RMBx [ $x = 1$  a  $n$ ]. Por lo tanto, para cada periodo de  $n$ , el bloque 230 de adaptación de velocidad se actualiza con los valores de  $N_c$ ,  $N_i$ , e, b y a a partir de cada RMBx. Por ejemplo, durante un periodo de  $1/(n \times \text{RELOJ})$ , el bloque 230 de adaptación de velocidad puede recibir los valores de  $N_c$ ,  $N_i$ , e, a y b de RMB1 y a continuación recibir los valores de  $N_c$ ,  $N_i$ , e, a y b a partir de RMB2 en el siguiente periodo de  $1/(n \times \text{RELOJ})$  y así sucesivamente, hasta que se reciban los valores de RMBn por el bloque 230 de adaptación de velocidad. El mismo ciclo se repite nuevamente a continuación en el siguiente periodo 'n'. Por lo tanto, los valores de estado de la RMBx procesada en un determinado punto en el tiempo, es decir, los valores de parámetros ( $N_c$ ,  $N_i$ , e, b, a) para determinar los símbolos y los patrones de perforación/repetición, se almacenan en la RAM 270 para el procedimiento en el punto de tiempo siguiente. Por lo tanto, si este valor se usa cuando el RMBx se procesa de nuevo la próxima vez, es posible realizar la operación de  $n$  RMB (RMB1-RMBn) usando una única RMB. Para una velocidad de procesamiento, ya que  $n \times \text{RELOJ}$  se usa como se muestra en las figuras 1 y 2, no se aumentará la complejidad.

Mientras tanto, en la figura 2, cada uno de los bloques de adaptación de velocidad 231-239 reciben por separado tantos símbolos codificados por el codificador 200 de canal como el número determinado multiplicando el número de símbolos codificados en una trama por la velocidad de codificación. Sin embargo, debería observarse que cada uno de los bloques de adaptación de velocidad 231-239 también puede recibir por separado un número diferente de símbolos codificados por el codificador 200 de canal. Por ejemplo, uno de los bloques 231-239 de adaptación de velocidad podría recibir por separado un número de símbolos codificados que es más pequeño que el número

determinado multiplicando el número de los símbolos codificados en una trama por la velocidad de codificación, y otro bloque de adaptación de velocidad podría recibir por separado un número de símbolos codificados que es más grande que el número determinado multiplicando el número de los símbolos codificados en una trama por la velocidad de codificación. Sin embargo, por simplicidad, se describirá un caso donde cada uno de los bloques 231-239 de adaptación de velocidad recibe por separado el mismo número de símbolos codificados por el codificador 200 de canal.

### **Realizaciones del dispositivo de adaptación de velocidad**

A continuación se hará una descripción del dispositivo de adaptación de velocidad de acuerdo con una realización de la presente invención. En este caso, por conveniencia, la descripción se hará sobre la suposición de que la velocidad de codificación es  $R = 1/3$  y que se proporcionan 3 bloques de adaptación de velocidad. Sin embargo, debería observarse que el dispositivo de adaptación de velocidad de acuerdo con la presente invención se aplica a cualquier caso donde hay  $n$  bloques de adaptación de velocidad, es decir, la velocidad de codificación es  $R = k/n$ . Además, en la siguiente descripción,  $N_{cs}$  indica el número total de los símbolos codificados incluidos en una trama, emitidos desde el codificador de canal.  $N_c$  indica el número de símbolos introducidos en cada bloque de adaptación de velocidad, y el número de los símbolos de entrada se determina como  $N_c = R \times N_{cs}$ . En la siguiente descripción,  $R \times N_{cs} = 1/3 \times N_{cs} = N_{cs}/3$ .  $N_i$  indica el número de símbolos emitidos desde cada bloque de adaptación de velocidad y el número de símbolos de salida se determina como  $N_i = R \times N_{is}$ , que es  $N_{is}/3$  en la descripción, donde  $N_{is}$  indica el número total de los símbolos emitidos después del procedimiento de adaptación de velocidad. Es decir,  $N_{is}$  es el número total de los símbolos emitidos a partir de los bloques de adaptación de velocidad respectivos. Por lo tanto, se determina el número de símbolos (bits) a perforar/repetir por cada bloque de adaptación de velocidad  $y = N_c - N_i$ . El valor de  $N_c$  y el valor de  $N_i$  pueden variar.

Además, la invención usa los parámetros 'a' y 'b', que son números enteros determinados de acuerdo con un patrón de perforación/repetición dentro de una trama, es decir, unos enteros para determinar el patrón de perforación/repetición. El parámetro 'a' es un valor de desplazamiento para determinar la posición del primer símbolo en el patrón de perforación/repetición. Es decir, el parámetro 'a' determina cuál de los símbolos codificados incluidos en una trama debería tomarse como el primer símbolo del patrón de perforación/repetición. Si aumenta un valor del parámetro 'a', se perforará/repetirá un símbolo localizado en la parte frontal de la trama. El parámetro 'b' es un valor para controlar el periodo de perforación o repetición en la trama. Variando este valor de parámetro, es posible perforar/repetir todos los símbolos codificados incluidos en la trama.

Como se ha descrito anteriormente, un dispositivo de adaptación de velocidad de acuerdo con la presente invención puede realizar la adaptación de velocidad no solo por perforación, sino también por repetición. La descripción de un dispositivo de adaptación de velocidad de acuerdo con la presente invención se divide en un dispositivo para realizar la adaptación de velocidad por perforación y un dispositivo para realizar la adaptación de velocidad por repetición.

### **A. Realizaciones del dispositivo de igualación de velocidad por perforación**

#### **1. Realización del dispositivo de adaptación de velocidad por perforación (para un código convolucional)**

La figura 4 muestra la estructura de un dispositivo de adaptación de velocidad por perforación de acuerdo con una realización de la presente invención. Esta estructura se usa cuando los dispositivos de adaptación de velocidad de la figura 2 y 3 adaptan la velocidad de los símbolos codificados convolucionales por perforación.

Haciendo referencia a la figura 4, un codificador 210 convolucional codifica los bits  $l_k$  de información de entrada a una velocidad de codificación  $R = 1/3$ , y emite los símbolos  $C1_k$ ,  $C2_k$  y  $C3_k$  codificados. Los símbolos  $C1_k$ ,  $C2_k$  y  $C3_k$  codificados se proporcionan por separado a los bloques 231, 232 y 233 de adaptación de velocidad, respectivamente. El primer 231 bloque de adaptación de velocidad perfora el símbolo  $C1_k$  codificado. En este punto, el procedimiento de perforación se realiza en base al número de símbolo perforado  $y = N_c - N_i$ , que está determinado por el número  $N_c$  de símbolo de entrada y el número  $N_i$  de símbolo de salida, y el patrón de perforación que determina los parámetros 'a' y 'b'. Por ejemplo, el primer bloque 231 de adaptación de velocidad puede emitir los símbolos de ' $\dots 11x10x01x\dots$ ' (donde  $x$  indica un símbolo perforado). El segundo bloque 232 de adaptación de velocidad perfora el símbolo  $C2_k$  codificado. En este punto, el procedimiento de perforación se realiza en base al número de símbolo perforado  $y = N_c - N_i$ , que está determinado por el número  $N_c$  de símbolo de entrada y el número  $N_i$  de símbolo de salida, y el patrón de perforación que determina los parámetros 'a' y 'b'. Por ejemplo, el segundo bloque 232 de adaptación de velocidad puede emitir los símbolos de ' $\dots 11x11x10x\dots$ ' (donde  $x$  indica un símbolo perforado). El tercer bloque 233 de adaptación de velocidad perfora el símbolo  $C3_k$  codificado. En este punto, el procedimiento de perforación se realiza en base al número de símbolo perforado  $y = N_c - N_i$ , que está determinado por el número  $N_c$  de símbolo de entrada y el número  $N_i$  de símbolo de salida, y el patrón de perforación que determina los parámetros 'a' y 'b'. Por ejemplo, el tercer bloque 233 de adaptación de velocidad puede emitir los símbolos de ' $\dots 01x11x11x\dots$ ' (donde  $x$  indica un símbolo perforado). Los símbolos codificados adaptados en velocidad por los bloques 231, 232 y 233 de adaptación de velocidad se multiplexan mediante un multiplexor 240 (no mostrado en la figura 4) y se proporcionan a un transmisor de canal.

En la figura 4, el número  $N_c$  de símbolo de entrada y el número  $N_i$  de símbolo de salida se determinan igualmente como  $N_c = R \times N_{cs}$  y  $N_i = R \times N_{is}$ , respectivamente, para cada bloque de adaptación de velocidad. Cada bloque de adaptación de velocidad perfora por separado el mismo número de símbolos codificados en canal, suponiendo que la sensibilidad de error de los símbolos codificados es casi la misma para cada símbolo en una trama. Es decir, se proporciona un patrón de perforación casi uniforme dentro de una trama, independientemente de los diversos números de bits perforados determinados de acuerdo con el tipo de servicio. Esto es porque es posible que todos los símbolos en una trama puedan perforarse uniformemente para el código de convolución.

Por lo tanto, de acuerdo con una realización de la presente invención, los símbolos codificados por el codificador 210 de convolución se separan y se proporcionan en el mismo número a los bloques 231, 232 y 233 de adaptación de velocidad. Cada uno de los bloques 321, 232 y 233 de adaptación de velocidad perforan el mismo número de símbolos de entrada. En este punto, los parámetros del patrón de perforación pueden determinarse o de igual o de diferente manera. Es decir, los patrones de perforación pueden determinarse o de manera igual o diferente para los bloques 231, 232 y 233 de adaptación de velocidad.

## **2. Otra realización del dispositivo de adaptación de velocidad por perforación (para el código turbo)**

La figura 5 muestra una estructura de un dispositivo de adaptación de velocidad por perforación de acuerdo con otra realización de la presente invención. Esta estructura se usa cuando los dispositivos de adaptación de velocidad de la figuras 2 y 3 adaptan la velocidad de los símbolos turbo-codificados por perforación.

Haciendo referencia a la figura 5, un codificador 220 turbo codifica los bits  $l_k$  de información de entrada a una velocidad de codificación de  $R = 1/3$ , y emite los símbolos  $C1_k$ ,  $C2_k$  y  $C3_k$  codificados. Entre los símbolos codificados, el símbolo  $C1_k$  de información se proporciona por separado de un primer bloque 231 de adaptación de velocidad, y los símbolos de paridad (o símbolos de redundancia)  $C2_k$  y  $C3_k$  se proporcionan por separado para los bloques 232 y 233 de adaptación de velocidad segundo y tercero, respectivamente. El codificador 220 turbo está compuesto de un primer codificador 222 de componente, un segundo codificador 224 de componente y un entrelazador 226, como se muestra en la figura 6. La estructura del codificador 220 turbo es bien conocida por los expertos en la materia. Por lo tanto, se evitará una descripción detallada. La entrada  $X(t)$  para el codificador 220 turbo se corresponden con los bits  $l_k$  de información de entrada mostrados en la figura 5. Las salidas de  $X(t)$ ,  $Y(t)$  e  $Z(t)$  del codificador 220 turbo corresponden a los símbolos  $C1_k$ ,  $C2_k$  y  $C3_k$  codificados mostrados en la figura 5, respectivamente. Para la primera salida del codificador 220 turbo, los bits de información de entrada  $l_k = X(t)$  se emiten como son, de tal manera que, en la figura 5, los bits  $l_k$  de información de entrada se emiten como  $C1_k$ .

El primer bloque 231 de adaptación de velocidad perfora los símbolos  $C1_k$  codificados en base a los siguientes criterios. Ya que la velocidad de codificación es  $R = 1/3$ , el número  $N_c$  de símbolos de entrada se determina como  $N_c = R \times N_{cs} = N_{cs}/3$ , que es  $1/3$  del número total de símbolos codificados. El número  $N_i$  de símbolos de salida también se determina como  $N_i = R \times N_{cs}$ , porque la perforación no se realiza en la parte correspondiente a los símbolos de información de acuerdo con Condición 1B. El patrón de perforación que determina los parámetros 'a' y 'b' puede establecerse en un número entero, pero no tiene sentido, ya que la perforación no se realiza de acuerdo con la Condición 1B. Por ejemplo, el primer bloque 231 de adaptación de velocidad puede emitir los símbolos de '...111101011...'.  
 35

El segundo bloque 232 de adaptación de velocidad perfora los símbolos  $C2_k$  codificados en base a los siguientes criterios. Ya que la velocidad de codificación es  $R = 1/3$ , el número  $N_c$  de símbolos de entrada se determina como  $N_c = R \times N_{cs} = N_{cs}/3$ , que es  $1/3$  del número total de símbolos codificados. Debido a que los símbolos de paridad de salida de los dos decodificadores de componente deberían perforarse uniformemente de acuerdo con la Condición 2B y la Condición 4B, y el número total de símbolos de salida después de la perforación es  $N_{is}$  para los símbolos ( $N_{cs}$ ) de entrada totales en una trama, el número  $N_i$  de símbolos emitidos desde el segundo bloque 232 de adaptación de velocidad después de la perforación  $N_i = [N_{is} - (R \times N_{cs})]/2$ . Si  $N_i = [N_{is} - (R \times N_{cs})]/2$  es un número impar, el número de símbolos de salida se convierte en  $N_i = [N_{is} - (R \times N_{cs}) + 1]/2$  o  $[N_{is} - (R \times N_{cs}) - 1]/2$ . Uno de los dos valores se selecciona de acuerdo con la relación entre el segundo bloque 232 de adaptación de velocidad y el tercer bloque 233 de adaptación de velocidad. Es decir, cuando el número de símbolos de salida del segundo bloque 232 de adaptación de velocidad se determina como  $[N_{is} - (R \times N_{cs}) + 1]/2$ , el número de símbolos de salida del tercer bloque 233 de adaptación de velocidad se determina como  $[N_{is} - (R \times N_{cs}) - 1]/2$ . Por el contrario, cuando el número de símbolos de salida del segundo bloque 232 de adaptación de velocidad se determina como  $[N_{is} - (R \times N_{cs}) - 1]/2$ , el número de símbolos de salida del tercer bloque 233 de adaptación de velocidad se determina como  $[N_{is} - (R \times N_{cs}) + 1]/2$ .  
 45  
 50

El patrón de perforación que determina los parámetros 'a' y 'b' puede seleccionarse como enteros de acuerdo con un patrón de perforación deseado. Estos enteros se determinan de acuerdo con solo el patrón de perforación, y los parámetros pueden establecerse como  $b = 1$  y  $a = 2$ . Una descripción detallada de un procedimiento para determinar los números enteros para el patrón de perforación que determina los parámetros se hará haciendo referencia a las tablas que se dan a continuación. Por ejemplo, el segundo bloque 232 de adaptación de velocidad puede emitir los símbolos de '...11x11x10x...' (donde x indica un símbolo perforado).  
 55



El tercer bloque 233 de adaptación de velocidad perfora los símbolos C3k codificados en base a los siguientes criterios. Ya que la velocidad de codificación es  $R = 1/3$ , el número  $N_c$  de símbolos de entrada se determina como  $N_c = R \times N_{cs} = N_{cs}/3$ , que es  $1/3$  del número total de símbolos de entrada (símbolos codificados). Debido a que los símbolos totales de paridad de salida de los dos decodificadores de componente deberían perforarse de manera uniforme de acuerdo con la condición 2B y la Condición 4B, y el número total de símbolos de salida después de la perforación es  $N_{is}$  para los símbolos de entrada totales en una trama, el número  $N_i$  de los símbolos emitidos desde el segundo bloque 232 de adaptación de velocidad después de la perforación  $N_i = [N_{is} - (R \times N_{cs})]/2$ . Si  $N_i = N_{is} - (R \times N_{cs})$  es un número impar, el número de símbolos de salida se convierte en  $N_i = [N_{is} - (R \times N_{cs}) + 1]/2$  o  $[N_{is} - (R \times N_{cs}) - 1]/2$ . Uno de los dos valores se selecciona de acuerdo con la relación entre el segundo bloque 232 de adaptación de velocidad y el tercer bloque 233 de adaptación de velocidad. Es decir, cuando el número de símbolos de salida del segundo bloque 232 de adaptación de velocidad se determina como  $[N_{is} - (R \times N_{cs}) + 1]/2$ , el número de símbolos de salida del tercer bloque 233 de adaptación de velocidad se determina como  $[N_{is} - (R \times N_{cs}) - 1]/2$ . Por el contrario, cuando el número de símbolos de salida del segundo bloque 232 de adaptación de velocidad se determina como  $[N_{is} - (R \times N_{cs}) - 1]/2$ , el número de símbolos de salida del tercer bloque 233 de adaptación de velocidad se determina como  $[N_{is} - (R \times N_{cs}) + 1]/2$ .

El patrón de perforación que determina los parámetros 'a' y 'b' puede seleccionarse como enteros de acuerdo con un patrón de perforación deseado. Estos enteros se determinan de acuerdo con solo el patrón de perforación, y los parámetros pueden establecerse como  $b = 1$  y  $a = 2$ . Una descripción detallada de un procedimiento para determinar los números enteros para el patrón de perforación que determina los parámetros se hará haciendo referencia a las tablas que se dan a continuación. Por ejemplo, el tercer bloque 233 de adaptación de velocidad puede emitir los símbolos de '...01x11x1 1x...' (donde x indica un símbolo perforado).

En la figura 5, los símbolos codificados por el codificador 220 turbo se separan y a continuación se proporcionan en números iguales a los bloques 231, 232 y 233 de adaptación de velocidad. El primer bloque 231 de adaptación de velocidad emite los símbolos de entrada, tal como son. Los bloques 232 y 233 de adaptación de velocidad segundo y tercero perforan el mismo número de símbolos de entrada. En este punto, los patrones de perforación pueden determinarse o de igual o de diferente manera. Es decir, los patrones de perforación pueden determinarse o de manera igual o diferente para los bloques 232 y 233 de adaptación de velocidad.

### 3. Determinación de los parámetros a perforar

En las realizaciones de la presente invención tratadas en el presente documento, los bloques de adaptación de velocidad perforan el mismo número de símbolos (excepto el bloque de adaptación de velocidad 231 de la figura 5). Sin embargo, los bloques de adaptación de velocidad pueden perforar un número diferente de símbolos. Si el número  $N_i$  de los símbolos emitidos desde los bloques de adaptación de velocidad respectivos se establece de diferente manera, el número de símbolos perforados por los bloques de adaptación de velocidad respectivos se determina de manera diferente. Además, el patrón de los símbolos perforados por los bloques de adaptación de velocidad respectivos puede determinarse o de igual o de diferente manera, cambiando el patrón de perforación que determina los parámetros 'a' y 'b'. Es decir, a pesar de que tiene una estructura única, un dispositivo de adaptación de velocidad de acuerdo con la presente invención puede determinar parámetros tales como el número de símbolos de entrada, el número de símbolos de salida, el número de símbolos a perforarse y el patrón de perforación que determina los parámetros de manera diferente. A continuación, la Tabla 1 muestra diversos casos de los parámetros, a modo de ejemplo. En este caso, la velocidad de codificación se supone que es  $R = 1/3$ . Por lo tanto, se proporcionan tres bloques de adaptación de velocidad, y los bloques de adaptación de velocidad respectivos reciben por separado el mismo número de símbolos, es decir,  $N_c = N_{cs}/3$  símbolos. En el presente documento, los bloques de adaptación de velocidad reciben por separado el mismo número de símbolos, determinados multiplicando el número de los símbolos codificados por la velocidad de codificación. Sin embargo, debería observarse que la presente invención también puede aplicarse a un caso donde los bloques de adaptación de velocidad reciben por separado un número diferente de símbolos, es decir, un número de símbolos que es más pequeño que el número determinado multiplicando el número de símbolos codificados en una trama por la velocidad de codificación, o un número de símbolos que es más grande que el número determinado multiplicando el número de los símbolos codificados en una trama por la velocidad de codificación. En la descripción siguiente, RMB1, RMB2 y RMB3 indican los bloques de adaptación de velocidad primero a tercero, respectivamente.

[Tabla 1]

Caso	RMB1				RMB2				RMB3			
	$N_c$	$N_i$	a	b	$N_c$	$N_i$	a	b	$N_c$	$N_i$	a	B
1	$N_{cs}/3$	$N_{is}/3$	p	q	$N_{cs}/3$	$N_{is}/3$	p	q	$N_{cs}/3$	$N_{is}/3$	p	Q
2	$N_{cs}/3$	$N_{is}/3$	p	q	$N_{cs}/3$	$N_{is}/3$	r	s	$N_{cs}/3$	$N_{is}/3$	t	W
3	$N_{cs}/3$	$N_{is}/3$	NA	NA	$N_{cs}/3$	$(N_{is}-R*N_{cs})/2$	2	1	$N_{cs}/3$	$(N_{is}-R*N_{cs})/2$	2	1
4	$N_{cs}/3$	$N_{is}/3$	NA	NA	$N_{cs}/3$	$(N_{is}-R*N_{cs})/2$	2	1	$N_{cs}/3$	$(N_{is}-R*N_{cs})/2$	5	1

(continuación)

Caso	RMB1				RMB2				RMB3			
	Nc	Ni	a	b	Nc	Ni	a	b	Nc	Ni	a	B
5	Ncs/3	Nis/3	NA	NA	Ncs/3	(Nis-R*Ncs)/2	p	1	Ncs/3	(Nis-R*Ncs)/2	p	1
6	Ncs/3	Nis/3	NA	NA	Ncs/3	(Nis-R*Ncs)/2	p	1	Ncs/3	(Nis-R*Ncs)/2	q	1
7	Ncs/3	Nis/3	NA	NA	Ncs/3	(Nis-R*Ncs)/2	p	q	Ncs/3	(Nis-R*Ncs)/2	p	Q
8	Ncs/3	Nis/3	NA	NA	Ncs/3	(Nis-R*Ncs)/2	p	q	Ncs/3	(Nis-R*Ncs)/2	r	S
9	Ncs/3	Nis/P	s	1	Ncs/3	Nis/q	t	1	Ncs/3	Nis/r	w	1
10	Ncs/3	Nis/P	s	x	Ncs/3	Nis/q	t	y	Ncs/3	Nis/r	w	Z

En la Tabla 1, RMB1, RMB2 y RMB3 indican los bloques de adaptación de velocidad, y p, q, r, s, t, w, x, y y z son números enteros. En el caso 9 y el caso 10,  $(1/p + 1/q + 1/r) = 1,0$ . Esto se debe a que  $Nis(1/p + 1/q + 1/r) = Nis$ . NA (no disponible) indica que los símbolos de entrada se emiten como son, sin perforar, para lo que los parámetros 'a' y 'b' pueden establecerse en cualquier valor. En este caso, los parámetros 'a' y 'b' son números positivos. Además, se muestra el caso donde los símbolos de entrada se perforan para realizar la adaptación de velocidad de tal manera que el número de los símbolos de entrada es más grande que el número de los símbolos de salida (es decir, Ncsv > Nis). Se hará referencia a cada caso.

- 5
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- Caso 1, Caso 2: en el caso 1 y el caso 2, los símbolos en una trama se perforan con un patrón uniforme. En concreto, en el caso 1, los bloques de adaptación de velocidad tienen el mismo patrón de perforación debido a que los parámetros "a" y "b" son los mismos, y en el caso 2, los bloques de adaptación de velocidad tienen diferentes patrones de perforación debido a que los parámetros "a" y "b" son diferentes.
- Caso 3: en la perforación sistemática, los símbolos de información no se perforan, pero los símbolos de paridad se perforan. En este caso, ya que el patrón de perforación para determinar los valores de parámetro 'a' y 'b' son iguales entre sí, RMB2 y RMB3 realizan una perforación uniforme mitad y mitad usando el mismo patrón de perforación.
- Caso 4: en una perforación sistemática, los símbolos de información no se perforan, y los símbolos de paridad se perforan. En este caso, ya que el patrón de perforación que determina los parámetros "a" y "b" son diferentes uno de otro, RMB2 y RMB3 realizan una perforación uniforme mitad y mitad usando diferentes patrones de perforación.
- Caso 5: este es un caso general para el caso 3. En este caso, el patrón de perforación que determina el parámetro "a" se establece en un número entero 'p' de tal manera que puede ser posible establecer los distintos patrones de perforación. El parámetro "a" se establece en el mismo valor tanto para RMB2 como para RMB3.
- Caso 6: este es un caso general para el caso 4. En este caso, el patrón de perforación para determinar el parámetro "a" se establece en los números enteros 'p' y 'q' de tal manera que puede ser posible establecer los distintos patrones de perforación. El parámetro "a" se establece a "p" para RMB2 y a 'q' para RMB3.
- Caso 7: este es un caso general adicional para el caso 5. En este caso, el patrón de perforación para determinar el parámetro "a" se establece a un número entero "p" y el patrón de perforación para determinar el parámetro "b" se establece en un número entero 'q' de tal manera que puede ser posible establecer los distintos patrones de perforación. Los parámetros 'a' y 'b' se establecen en el mismo valor tanto para RMB2 como para RMB3.
- Caso 8: este es un caso general adicional para el caso 6. En este caso, el patrón de perforación que determina el parámetro 'a' se establece en unos números enteros 'p' y 'r' para RMB2 y RMB3, respectivamente, y el patrón de perforación que determina el parámetro 'b' se establece en los números enteros 'q' y 's' para RMB2 y RMB3, respectivamente, de tal manera que puede ser posible establecer diferentes patrones de perforación. Los parámetros 'a' y 'b' se establecen en 'p' y 'q' para RMB2 y en 'r' y 's' para RMB3.
- Caso 9, Caso 10: en estos casos, se cambian todos los posibles parámetros. Es decir, el número de símbolos de salida puede establecerse en cualquier número entero y el patrón de perforación que determina los parámetros 'a' y 'b' también puede establecerse en cualquier número entero dado.
- En la Tabla 1, el caso 1 y el caso 2 pueden aplicarse cuando la adaptación de velocidad se realiza en los símbolos codificados por convolución y del caso 3 al caso 8 pueden aplicarse cuando la adaptación de velocidad se realiza en los símbolos codificados por turbo.

El patrón de perforación puede variarse de acuerdo con un cambio en el patrón de perforación que determina el parámetro "a". A continuación, la Tabla 2 muestra una variación de los patrones de perforación de acuerdo con un cambio en el parámetro 'a'. Se supone en la Tabla 2 que  $N_c = 10$ ,  $N_i = 8$ ,  $y = N_c - N_i = 10 - 8 = 2$ , y  $b = 1$ . Los símbolos perforados de acuerdo con el patrón de perforación están representados por 'x'.

5

[Tabla 2]

Caso	a	Entrada	Salida
Caso 1	1	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	1 2 3 4 x 6 7 8 9 x
Caso 2	2	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	1 2 3 x 5 6 7 x 9 10
Caso 3	5	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	x 2 3 4 5 x 7 8 9 10
Caso 4	10	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	x 2 3 4 5 6 x 8 9 10
Caso 5	100	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	x 2 3 4 5 6 x 8 9 10

10

Se observa a partir de la Tabla 2 que es posible obtener los diferentes patrones de perforación fijando 'b' a '1' y estableciendo "a" en diferentes valores. Puede entenderse que el primer símbolo del patrón de perforación esté localizado en la parte delantera, a medida que aumenta el valor de 'a'. Por supuesto, es posible obtener más diversos patrones de perforación cambiando también el parámetro 'b'. Además, es posible evitar que se perfora el primer símbolo estableciendo el parámetro 'b' a 1 y usando un valor que satisface la ecuación 1 siguiente para el parámetro 'a'. Por lo tanto, para satisfacer la Condición 3B, el parámetro "a" debería establecerse en un valor dentro de un intervalo de la Ecuación 1.

$$1 \leq a < \lfloor N_c/y \rfloor \dots (1)$$

15

donde  $\lfloor N_c/y \rfloor$  es el mayor entero más pequeño que o igual a  $N_c/y$ .

En la ecuación 1, para  $N_c = 10$  e  $y = 2$ ,  $N_c/y = 10/2 = 5$ . Por lo tanto, si 'a' tiene un valor de 1, 2, 3 y 4, no se perforarán los primeros símbolos.

20

Con el fin de satisfacer la Condición 5B, los bits de cola no deberían perforarse. Con este fin,  $N_c$  debería establecerse en un valor determinado restando el número de los bits de cola del mismo. Es decir, si el número  $N_c$  de símbolos de entrada se establece en  $N_c - NT$  donde  $NT$  indica el número de bits de cola, los bits de cola no se perforarán, satisfaciendo de este modo la Condición 5B. En otras palabras, los bits de cola no entran en el bloque de adaptación de velocidad. Por lo tanto, el patrón de adaptación de velocidad solo tiene en cuenta el tamaño de trama de  $N_c - NT$ . Después de perforar o repetir mediante el bloque de adaptación de velocidad, los bits de cola se concatenan secuencialmente a los símbolos de salida del bloque de adaptación de velocidad. Los bits de cola no se procesan y solo se unen al final de los símbolos de salida.

25

4. Algoritmo de adaptación de velocidad por perforación

30

La figura 7 muestra un procedimiento de adaptación de velocidad por perforación de acuerdo con una realización de la presente invención. Este procedimiento se realiza en base a un algoritmo de adaptación de velocidad mostrado a continuación en la Tabla 3. En la Tabla 3, "So = d1, d2, ..., dNc" indica la entrada de símbolos para un bloque de adaptación de velocidad, es decir, la entrada de símbolos en una unidad de trama para un bloque de adaptación de velocidad, y se compone de  $N_c$  símbolos en total. Un parámetro S (k) de cambio es un valor inicial usado en el algoritmo, y está constantemente establecido a '0' cuando se usa un dispositivo de adaptación de velocidad de acuerdo con la presente invención en un enlace descendente de un sistema de comunicación digital (es decir, cuando la adaptación de velocidad se realiza en los símbolos codificados a transmitirse desde la estación base a la estación móvil). "m" indica el orden de la entrada de símbolos para la adaptación de velocidad, y tiene el orden de 1, 2, 3, ...,  $N_c$ . Se observa a partir de la Tabla 3 que pueden cambiarse los parámetros que incluyen el número  $N_c$  de símbolos de entrada, el número  $N_i$  de símbolos de salida y el patrón de perforación que determina los parámetros 'a' y 'b'. Por ejemplo, los parámetros pueden cambiarse como se muestra en la Tabla 1. El número  $N_c$  de símbolos de entrada puede determinarse como un valor distinto de  $N_c/3$ , de acuerdo con la velocidad de codificación R. La figura 7 corresponde al caso donde se aplica el algoritmo de la Tabla 3 para un enlace descendente del sistema de comunicación digital, es decir, S (k) = 0.

35

40

[Tabla 3]

<p>Se indica:  <math>S_o = \{d_1, d_2, \dots, d_{Nc}\}</math> = conjunto de <math>N_c</math> bits de datos</p>
<p>La regla de adaptación de velocidad es de la siguiente manera:                  Si se realiza la perforación</p> <pre>                 y = Nc-Ni                 e = (2*S(k)*y + bNc) mod aNc                 → error inicial entre la relación de perforación actual y la deseada (enlace descendente: S=0)                 if e = 0 then e = aNc                 m = 1 → índice del bit actual                 do while m &lt;= Nc                 e = e - a*y → error actualizado                 if e &lt;= 0 then → comprobar si el número m de bit debería perforarse                 perforar m bit a partir del conjunto So                 e = e + a*Nc → actualizar error                 end if                 m = m + 1 → siguiente bit                 end do             </pre>

Cuando se usa el algoritmo de la Tabla 3, se proporcionan las siguientes ventajas.

En primer lugar, es posible perforar de manera variable los símbolos codificados de la unidad de trama.

5 En segundo lugar, es posible generar diversos patrones de perforación ajustando los parámetros  $N_c$ ,  $N_i$ ,  $a$  y  $b$ .

En tercer lugar, es posible reducir la complejidad y el tiempo de cálculo de cada bloque de adaptación de velocidad por  $1/R$ . Esto es porque si se usa una pluralidad de bloques de adaptación de velocidad, se reducirá el número de los símbolos a perforarse por cada bloque de adaptación de velocidad, en comparación con el caso donde se usa un bloque de adaptación de velocidad.

10 Haciendo referencia a la figura 7, en la etapa 701, todo tipo de parámetros que incluyen el número  $N_c$  de símbolos de entrada, el número  $N_i$  de símbolos de salida y el patrón de perforación que determina los parámetros 'a' y 'b' se inicializan para el procedimiento de adaptación de velocidad. Cuando  $N_c$  y  $N_i$  se determinan por la inicialización de parámetros, el número de símbolos a perforarse está determinado por  $y = N_c - N_i$ , en la etapa 702. En la etapa 703, se calcula un valor 'e' de error inicial entre las relaciones de perforación actual y deseada. El valor de error inicial se determina por  $e = b*N_c \text{ mod } a*N_c$ .

A continuación, en la etapa 704, 'm' que indica el orden de los símbolos de entrada se establece en '1' ( $m = 1$ ). A partir de aquí, en las etapas 705 a 709, los símbolos se examinan desde el símbolo inicial en cuanto a si deberían o no perforarse. Si se determina en la etapa 707 que el valor 'e' de error calculado es más pequeño que o igual a '0', el símbolo correspondiente se perfora y a continuación se actualiza el valor de error por  $e = e + a * N_c$ , en la etapa 708. De lo contrario, si se determina en la etapa 707 que el valor "e" de error calculado es más grande que "0", no se realiza la perforación. La operación de recibir los símbolos codificados en orden, que determina si realizar la perforación en los símbolos recibidos, y realizar la perforación en consecuencia, se realiza repetidamente hasta que se determina en la etapa 705 que se han recibido completamente todos los símbolos en una trama.

25 Como se muestra en el algoritmo anterior, la posición del primer símbolo a perforarse o repetirse se controla por los parámetros (a, b) (establecer desplazamiento\_inicial\_m = la posición del primer símbolo a perforarse). En el algoritmo anterior, desplazamiento\_inicial\_m = 'm' cuando 'e' ≤ 0 para la primera vez. La siguiente tabla muestra un ejemplo de la determinación de desplazamiento\_inicial\_m. En el siguiente ejemplo,  $bN_c$  se supone que es más pequeño que  $aN_c$ .

	m=1	m=2	m=3	m=4=k	.....	..m=Nc
inicialmente, $e = bN_c$	$bN_c - ay \geq 0$	$bN_c - 2ay \geq 0$	$bN_c - 3ay \geq 0$	$bN_c - 4ay < 0$	.....	
perforación o repetición	ninguno	ninguno	ninguno	perforación o repetición	.....	

30 "Desplazamiento inicial\_m = k = 4"

En las siguientes ecuaciones,  $P_{pnc}$  significa el período de perforación o repetición en el algoritmo anterior.

$$\begin{aligned} \text{Desplazamiento inicial}_m &= \lceil bNc / ay \rceil = \lceil (b/a) * (Nc/y) \rceil = \lceil (b/a) * Ppnc \rceil \\ Ppnc &= \lceil Nc/y \rceil && \text{Si } Nc/y \text{ es un número entero} \\ &= \lceil Nc/y \rceil \pm 1 && \text{Si } Nc/y \text{ no es un número entero} \end{aligned}$$

Como se muestra en las ecuaciones anteriores, controlando los parámetros (a, b), la posición del primer símbolo a perforarse o repetirse puede controlarse.

5 Por ejemplo, el valor de desplazamiento inicial\_m disminuye a medida que aumenta 'a' si 'b' se mantiene constante. Por lo tanto, aumentando "a", la posición del primer símbolo a perforarse/repetirse se empujará más cerca de la primera posición. Si se elige "a" para que sea más grande que por by/Nc, entonces el desplazamiento inicial\_m = 1, lo que significa que el primer símbolo se perfora o se repite. Como resultado, la posición del primer símbolo a perforarse/repetirse puede manipularse eligiendo un valor de "a" entre 1 y Ppnc. Por ejemplo, si 'b' = 1 y 'a' = 2, la posición del primer símbolo a perforarse/repetirse será siempre igual a Ppnc/2.

10 En cuanto al parámetro 'b', controla el desplazamiento inicial\_m junto con 'a', y, como se muestra a continuación, una vez que el valor de "a" se ha decidido, el valor de "b" puede expresarse como  $1 \leq 'b' \leq 'a'$ . Si 'a' se mantiene constante, el desplazamiento inicial\_m aumentará si aumenta 'b' y disminuirá si 'b' disminuye. Por lo tanto, las posiciones de perforación/repetición pueden controlarse manipulando los valores de los parámetros (a, b). Aunque el valor de "b" puede ser cualquiera, no tiene sentido elegir un valor de "b" más grande que "a", tal como se muestra a continuación, ya que el valor inicial de 'e' se vuelve cíclico una vez que el valor de "b" se hace más grande que 'a' (es decir, el valor de 'e' se repite).

20 Establecer 'a' = 3;  
 el valor inicial de e =  $(2 * S(k) * y + bNc) \text{ mod } aNc$ ;  
 e =  $bNc \text{ mod } aNc$  ya que  $S(k)=0$  en el enlace descendente;  
 si b=1 entonces e=Nc;  
 si b=2 entonces e=2Nc;  
 si b=3 entonces e=3Nc;  
 si b=4 entonces e=Nc;  
 si b=5 entonces e=2Nc;  
 25 si b=6 entonces e=3Nc;

Como se muestra en el ejemplo anterior, el valor inicial de 'e' cambia a medida que cambia el valor de 'b'. Sin embargo, una vez que el valor de "b" se hace más grande que 'a', el valor inicial de 'e' se repite cíclicamente. Por lo tanto, no es significativo asignar un valor más grande que 'a' a 'b'. En conclusión, el patrón de perforación o repetición puede controlarse manipulando los parámetros (a, b).

30 **B. Realizaciones del dispositivo de adaptación de velocidad por repetición**

**1. Realización del dispositivo de adaptación de velocidad por repetición (para un código convolucional)**

La figura 9 muestra una estructura de un dispositivo de adaptación de velocidad por repetición de acuerdo con una realización de la presente invención. Esta estructura se usa cuando los dispositivos de adaptación de velocidad de las figuras 2 y 3 adaptan la velocidad de los símbolos codificados por convolución por repetición.

35 Haciendo referencia a la figura 9, un codificador 210 convolucional codifica los bits lk de información de entrada a una velocidad de codificación  $R = 1/3$ , y emite los símbolos C1k, C2k y C3k codificados. Los símbolos C1k, C2k, y C3k codificados se proporcionan por separado a los bloques 231, 232 y 233 de adaptación de velocidad, respectivamente. El primer bloque 231 de adaptación de velocidad repite de manera selectiva el símbolo codificado C1k. En este punto, el procedimiento de repetición se realiza en base al número de símbolos de repetición  $y = Ni - Nc$  determinado por el número Nc de símbolos de entrada y el número Ni de símbolos de salida, y el patrón de repetición que determina los parámetros 'a' y 'b'. Por ejemplo, el primer bloque 231 de adaptación de velocidad puede emitir los símbolos de '...11(11)101(00)010...' (donde (11) y (00) indican símbolos repetidos).

45 El segundo bloque 232 de adaptación de velocidad repite selectivamente el símbolo codificado C2k. En este punto, el procedimiento de repetición se realiza en base al número de símbolos de repetición  $y = Ni - Nc$  determinado por el número Nc de símbolos de entrada y el número Ni de símbolos de salida, y el patrón de repetición que determina los parámetros 'a' y 'b'. Por ejemplo, el segundo bloque 232 de adaptación de velocidad puede emitir los símbolos de '...(11)01(00)1100...' (donde (11) y (00) indican símbolos repetidos).

50 El tercer bloque 233 de adaptación de velocidad repite el símbolo codificado C3k. En este punto, el procedimiento de repetición se realiza en base al número de símbolos de repetición  $y = Ni - Nc$  determinado por el número Nc de símbolos de entrada y el número Ni de símbolos de salida, y el patrón de repetición que determina los parámetros 'a' y 'b'. Por ejemplo, el tercer bloque 233 de adaptación de velocidad puede emitir los símbolos '...0(11)1101(11)...' (donde (11) indica símbolos repetidos). Los símbolos codificados adaptados en velocidad por los bloques 231, 232 y 233 de adaptación de velocidad se multiplexan por un multiplexor 240 y se proporcionan a un transmisor de canal.

En la figura 9, el número  $N_c$  de símbolos de entrada y el número  $N_i$  de símbolos de salida se determinan igualmente como  $N_c = R \times N_{cs}$  y  $N_i = R \times N_{is}$ , respectivamente, para cada bloque de adaptación de velocidad. Se determina que cada bloque de adaptación de velocidad se repite por separado el mismo número de los símbolos codificados en canal, en el supuesto de que la sensibilidad de error de símbolos codificados sea casi la misma para cada símbolo en una trama. Es decir, se proporciona un patrón de repetición casi uniforme dentro de una trama con independencia de los diferentes números de bits de repetición ( $y = N_i - N_c$ ) determinados de acuerdo con el tipo de servicio. Esto se debería a que es posible que la totalidad de símbolos en una trama pueda repetirse de manera uniforme para el código convolucional.

Por lo tanto, de acuerdo con la realización de la presente invención, los símbolos codificados por el codificador 210 convolucional están separados por el mismo número y se proporcionan a los bloques 231, 232 y 233 de adaptación de velocidad. Cada uno de los bloques 231, 232 y 233 de adaptación de velocidad repite el mismo número de símbolos de entrada. En este punto, los parámetros del patrón de repetición pueden determinarse o de igual o de diferente manera. Es decir, los patrones de perforación pueden determinarse o de manera igual o diferente para los bloques 231, 232 y 233 de adaptación de velocidad.

## **2. Otra realización de un dispositivo de adaptación de velocidad por repetición (para un código turbo)**

La figura 10 muestra la estructura de un dispositivo de adaptación de velocidad por repetición de acuerdo con otra realización de la presente invención. Esta estructura se usa cuando los dispositivos de adaptación de velocidad de las figuras 2 y 3 adaptan la velocidad de los símbolos turbo codificados por repetición.

Haciendo referencia a la figura 10, un codificador 220 turbo codifica los bits  $I_k$  de información de entrada a una velocidad de codificación de  $R = 1/3$ , y emite los símbolos  $C1_k$ ,  $C2_k$  y  $C3_k$  codificados. Entre los símbolos codificados, el símbolo  $C1_k$  de información se proporciona por separado a un primer bloque 231 de adaptación de velocidad, y los símbolos  $C2_k$  y  $C3_k$  de paridad (o símbolos de redundancia) se proporcionan por separado a los bloques 232 y 233 de adaptación de velocidad segundo y tercero, respectivamente. El codificador 220 turbo está compuesto de un primer codificador 222 de componente, un segundo codificador 224 de componente y un entrelazador 226, como se muestra en la figura 6. Los codificadores 222 y 223 de componente pueden usar los códigos sistemáticos recursivos (RSC). La estructura del codificador 220 turbo es bien conocida por los expertos en la materia. Por lo tanto, se evitará una descripción detallada. La entrada  $X(t)$  para el codificador 220 turbo corresponde a los bits  $I_k$  de información de entrada mostrados en la figura 10. Las salidas  $X(t)$ ,  $Y(t)$  e  $Y'(t)$  del codificador 220 turbo corresponden a los símbolos  $C1_k$ ,  $C2_k$  y  $C3_k$  codificados mostrados en la figura 10, respectivamente. Para la primera salida del codificador 220 turbo, los bits  $I_k$  de información de entrada se emiten como son, de manera que los bits  $I_k$  de información de entrada se emiten como  $C1_k$  en la figura 10.

El primer bloque 231 de adaptación repite los símbolos  $C1_k$  codificados en base a los siguientes criterios. Ya que la velocidad de codificación es  $R = 1/3$ , el número  $N_c$  de símbolos de entrada se determina como  $N_c = R \times N_{cs} = N_{cs}/3$ , que es  $1/3$  del número total de símbolos de entrada (símbolo codificado). El número  $N_i$  de símbolos de salida se determina como  $N_i = N_{is} - (2R \times N_{cs})$ , ya que la repetición debería realizarse de acuerdo con la Condición 1D. El patrón de repetición que determina los parámetros 'a' y 'b' puede establecerse para dar números enteros de acuerdo con un patrón de repetición deseado. Los números enteros se determinan en función de solamente el patrón de repetición, y los parámetros pueden establecerse normalmente en  $b = 1$  y  $a = 2$ . Una descripción detallada de un procedimiento para determinar los números enteros para el patrón de repetición que determina los parámetros se hará haciendo referencia a las siguientes tablas. Por ejemplo, el primer bloque 231 de adaptación puede emitir los símbolos de '...1(11)101(00)11...' (donde (11) y (00) indican símbolos repetidos).

El segundo bloque 232 de adaptación de velocidad emite los símbolos  $C2_k$  codificados sin repetición. Sin embargo, el segundo bloque 232 de adaptación de velocidad puede repetir los símbolos  $C2_k$  codificados en ciertas condiciones tales como una repetición severa. Ya que la velocidad de codificación es  $R = 1/3$ , el número  $N_c$  de símbolos de entrada se determina como  $N_c = R \times N_{cs} = N_{cs}/3$ , que es  $1/3$  del número total de símbolos de entrada. El número  $N_i$  de símbolos de salida se determina como  $N_i = R \times N_{cs}$  que es igual al número de símbolos de entrada, ya que las dos clases de símbolos de paridad no deberían repetirse de acuerdo con la Condición 2D y la Condición 4D. Por ejemplo, el segundo bloque 232 de adaptación de velocidad puede emitir los símbolos de '...110111101...' donde no hay repetición.

El tercer bloque 233 de adaptación de velocidad emite los símbolos  $C3_k$  codificados sin repetición. Sin embargo, el tercer bloque 233 de adaptación de velocidad también puede repetir los símbolos  $C3_k$  codificados bajo una repetición severa. Ya que la velocidad de codificación es  $R = 1/3$ , el número  $N_c$  de símbolos de entrada se determina como  $N_c = R \times N_{cs} = N_{cs}/3$ , que es  $1/3$  del número total de símbolos de entrada. El número  $N_i$  de símbolos de salida se determina como  $N_i = R \times N_{cs}$  que es igual al número de símbolos de entrada, ya que las dos clases de símbolos de paridad no deberían repetirse de acuerdo con la Condición 2D y la Condición 4D. El patrón de repetición que determina los parámetros 'a' y 'b' puede establecerse en números enteros dados de acuerdo con un patrón de repetición deseado. Sin embargo, si los bloques 232 o 233 no usan repetición, entonces los parámetros (a, b) no tienen sentido para los bloques 232 o 233 de adaptación de velocidad. Los números enteros se determinan en función de solo el patrón de repetición, y los parámetros pueden establecerse normalmente en  $b = 1$  y  $a = 2$ . Una descripción detallada de un procedimiento para determinar los números enteros para el patrón de repetición que

determina los parámetros se hará haciendo referencia a las siguientes tablas. Por ejemplo, el tercer bloque 233 de adaptación de velocidad puede emitir los símbolos de ‘...01011010...’ que no han experimentado la repetición.

En la figura 10, los símbolos codificados por el codificador 220 turbo se separan en el mismo número y a continuación se proporcionan a los bloques 231, 232 y 233 de adaptación de velocidad. El primer bloque 231 de adaptación de velocidad recibe los símbolos de información fuera de los símbolos codificados y repite los símbolos recibidos de acuerdo con un patrón de repetición predeterminado. Los bloques 232 y 233 de adaptación de velocidad segundo y tercero reciben los símbolos de paridad fuera de los símbolos codificados, y emite los símbolos recibidos como son, sin repetición.

**3. Determinación de los parámetros para la repetición**

Como se ha descrito anteriormente, los patrones de repetición usados para los bloques de adaptación de velocidad respectivos pueden ser o iguales o diferentes. Es decir, el patrón de repetición de símbolos usado en los bloques de adaptación de velocidad respectivos y el número de símbolos repetidos puede determinarse de manera variable. Si el número  $N_i$  de los símbolos emitidos desde los bloques de adaptación de velocidad respectivos se establece de manera diferente, el número de símbolos repetidos por los bloques de adaptación de velocidad respectivos se determina de manera diferente. Además, el patrón de los símbolos repetidos por los bloques de adaptación de velocidad respectivos puede determinarse o de igual o de diferente manera, cambiando el patrón de repetición que determina los parámetros ‘a’ y ‘b’. Es decir, a pesar de que tiene una única estructura, un dispositivo de adaptación de velocidad de acuerdo con la presente invención puede determinar de manera diferente los parámetros tales como el número de símbolos de entrada, el número de símbolos de salida, el número de símbolos a repetirse y el patrón de repetición que determina de parámetros.

La Tabla 4 a continuación muestra diversos casos de parámetros, a modo de ejemplo. En el presente documento, la velocidad de codificación se supone que es  $R = 1/3$ . Por lo tanto, se proporcionan tres bloques de adaptación de velocidad, y los bloques de adaptación de velocidad respectivos reciben por separado el mismo número de símbolos, es decir,  $N_c = N_{cs}/3$  símbolos. En el presente documento, los bloques de adaptación de velocidad reciben por separado el mismo número de los símbolos, determinados multiplicando el número de los símbolos codificados por la velocidad de codificación. Sin embargo, debería observarse que la presente invención también puede aplicarse a un caso donde los bloques de adaptación de velocidad reciben por separado un número diferente de símbolos, es decir, un número de símbolos más pequeño que el número determinado multiplicando el número de los símbolos codificados en una trama por la velocidad de codificación, o un número de símbolos que es más grande que el número determinado multiplicando el número de los símbolos codificados en una trama por la velocidad de codificación. En la descripción siguiente, RMB1, RMB2 y RMB3 indican los bloques de adaptación de velocidad primero a tercero, respectivamente.

[Tabla 4]

Caso	RMB1				RMB2				RMB3			
	$N_c$	$N_i$	a	b	$N_c$	$N_i$	a	b	$N_c$	$N_i$	a	b
1	$N_{cs}/3$	$N_{is}-2N_{cs}/3$	2	1	$N_{cs}/3$	$N_{is}/3$	NA	NA	$N_{cs}/3$	$N_{is}/3$	NA	NA
2	$N_{cs}/3$	$N_{is}-2N_{cs}/3$	p	q	$N_{cs}/3$	$N_{is}/3$	NA	NA	$N_{cs}/3$	$N_{is}/3$	NA	NA
3	$N_{cs}/3$	$N_{is}/p$	s	t	$N_{cs}/3$	$N_{is}/q$	s	t	$N_{cs}/3$	$N_{is}/r$	s	t
4	$N_{cs}/3$	$N_{is}/p$	s	t	$N_{cs}/3$	$N_{is}/3$	u	v	$N_{cs}/3$	$N_{is}/3$	w	x

En la Tabla 4, RMB1, RMB2 y RMB3 indica unos bloques de adaptación de velocidad, y p, q, r, s, t, w y x son números enteros dados. NA (no disponible) indica que los símbolos de entrada se emiten como son, sin repetición, por lo que los parámetros ‘a’ y ‘b’ pueden establecerse en cualquier valor. En este caso, los parámetros ‘a’ y ‘b’ son números positivos. Además, se muestra el caso donde se repiten los símbolos de entrada para realizar la adaptación de velocidad de tal manera que el número de los símbolos de entrada es más pequeño que o igual al número de los símbolos de salida (es decir,  $N_{cs} \leq N_{is}$ ). Se hará referencia a cada Caso.

Caso 1: en la repetición sistemática, los símbolos de información se repiten, pero los símbolos de paridad no se repiten. El patrón de repetición determina que los parámetros se establecen para  $a = 2$  y  $b = 1$ .

Caso 2: en la repetición sistemática, los símbolos de información se repiten, pero los símbolos de paridad no se repiten. El patrón de repetición determina que los parámetros se establecen para  $a=p$  y  $b=q$ .

Caso 1 y Caso 2 pueden aplicarse cuando se repiten solo los símbolos de información turbo codificados como se muestra en la figura 10.

Caso 3: se repiten tanto los símbolos de información como los símbolos de paridad, y los patrones de repetición se determinan por igual para todos RMB1, RMB2 y RMB3. El número de símbolos repetidos es igual para RMB1, RMB2 y RMB3.

5 Caso 4: se repiten tanto los símbolos de información como los símbolos de paridad, y los patrones de repetición se determinan de manera diferente para todos o algunos de RMB1, RMB2 y RMB3. El número de símbolos repetidos es igual para RMB2 y RMB3.

La Tabla 5 siguiente muestra la variación en los patrones de repetición de acuerdo con un cambio en el parámetro 'a'. Se supone en la Tabla 5 que  $N_c = 8$ ,  $N_i = 10$ ,  $y = N_i - N_c = 10 - 8 = 2$ , y  $b = 1$ . Los símbolos repetidos de acuerdo con el patrón de repetición están representados por '()'

10

[Tabla 5]

Caso	A	Símbolos de entrada	Símbolos de salida
Caso 1	1	1 2 3 4 5 6 7 8	(11) 2 3 (44) 5 6 7 8
Caso 2	2	1 2 3 4 5 6 7 8	1 (22) 3 4 5 (66) 7 8
	5	1 2 3 4 5 6 7 8	(11) 2 3 4 (55) 6 7 8
	10	1 2 3 4 5 6 7 8	(11) 2 3 4 (55) 6 7 8
	100	1 2 3 4 5 6 7 8	(11) 2 3 4 (55) 6 7 8

15 Se observa a partir de la Tabla 5 que es posible obtener los diferentes patrones de repetición fijando 'b' a '1' y estableciendo "a" para diferentes valores. Por supuesto, es posible obtener más diversos patrones de repetición cambiando también el parámetro 'b'. Además, es posible repetir siempre el primer símbolo estableciendo el parámetro 'b' a 1 y usando un valor que satisface la ecuación 2 a continuación para el parámetro 'a'. Por lo tanto, para satisfacer la Condición 3D, el parámetro "a" debería establecerse en un valor dentro de un intervalo de la ecuación 2.

$$a > \lfloor N_c/y \rfloor \dots (2)$$

donde  $\lfloor N_c/y \rfloor$  es el mayor entero más pequeño que o igual a  $N_c/y$ .

20 En la ecuación 2, para  $N_c = 8$  e  $y = 2$ ,  $N_c/y = 8/2 = 4$ . Por lo tanto, si 'a' tiene un valor más grande que 4, se repetirán los primeros símbolos.

25 Con el fin de satisfacer la Condición 5D, los bits de cola deberían repetirse. Con este fin,  $N_c$  debería establecerse en un valor determinado sumando el número de los bits de cola a los mismos. Es decir, si el número  $N_c$  de símbolos de entrada se establece en  $N_c + NT$  donde  $NT$  indica el número de bits de cola, siempre se repetirán los bits de cola para los símbolos de información, satisfaciendo de este modo la Condición 5D. En otras palabras, para la repetición, incluso los bits de cola se introducen en el bloque de adaptación de velocidad y se consideran para la repetición.

**4. Algoritmo de adaptación de velocidad por repetición**

30 La figura 11 muestra un procedimiento de adaptación de velocidad por repetición de acuerdo con una realización de la presente invención. Este procedimiento se realiza en base a un algoritmo de adaptación de velocidad mostrado a continuación en la Tabla 6. En la Tabla 6, " $S_o = \{d_1, d_2, \dots, d_{N_c}\}$ " indica la entrada de símbolos para la adaptación de velocidad, es decir, la entrada de símbolos en una unidad de trama para la adaptación de velocidad, y está compuesta de los símbolos  $N_c$  en total. Un parámetro  $S(k)$  de cambio es un valor inicial usado en el algoritmo, y se establece constantemente a '0' cuando se usa un dispositivo de adaptación de velocidad de acuerdo con la presente invención en un enlace descendente de un sistema de comunicación digital (es decir, cuando la adaptación de velocidad se realiza en los símbolos codificados a transmitirse desde la estación base a la estación móvil). "m" indica el orden de la entrada de símbolos para la adaptación de velocidad, y tiene el orden de 1, 2, 3, ...,  $N_c$ . Se observa a partir de la Tabla 6 que pueden cambiarse los parámetros que incluyen el número  $N_c$  de símbolos de entrada, el número  $N_i$  de símbolos de salida y el patrón de repetición que determina los parámetros 'a' y 'b'. Por ejemplo, los parámetros pueden cambiarse como se muestra en la Tabla 4. El número  $N_c$  de símbolos de entrada puede determinarse como un valor distinto de  $N_c/3$ , de acuerdo con la velocidad  $R$  de codificación. La figura 11 corresponde al caso donde se aplica el algoritmo de la Tabla 6 para un enlace descendente del sistema de comunicación digital, es decir,  $S(k) = 0$ .



[Tabla 6]

<p>Se indica:  <math>S_o = \{d_1, d_2, \dots, d_{N_c}\}</math> = conjunto de <math>N_c</math> bits de datos</p> <p>La regla de adaptación de velocidad es de la siguiente manera:                  Si se realiza la repetición</p> <p><math>y = N_i - N_c</math>  <math>e = (2^k S(k)^y + b N_c) \bmod a N_c</math>                  → error inicial entre la relación de repetición actual y la deseada (enlace descendente: <math>S=0</math>)                  if <math>e = 0</math> then <math>e = a N_c</math>  <math>m = 1</math> → índice del bit actual                  do while <math>m \leq N_c</math>                    <math>e = e - a^m y</math> → error actualizado                    if <math>e \leq 0</math> then → comprobar si el número <math>m</math> de bit debería repetirse                      repetir <math>m</math> bit a partir del conjunto <math>S_o</math>                    <math>e = e + a^m N_c</math> → actualizar error                    end do                    <math>m = m + 1</math> → siguiente bit                  end do                  end if</p>
--

Cuando se usa el algoritmo de la Tabla 6, se proporcionan las siguientes ventajas.

5 En primer lugar, es posible repetir de manera variable los símbolos codificados (o símbolos de palabras de código) de la unidad de trama.

En segundo lugar, es posible generar diversos patrones de repetición ajustando los parámetros  $N_c$ ,  $N_i$ ,  $a$  y  $b$ .

10 En tercer lugar, es posible reducir  $1/R$  la complejidad y el tiempo de cálculo de cada bloque de adaptación de velocidad. Esto es porque si se usa una pluralidad de bloques de adaptación de velocidad, se reducirá el número de los símbolos a repetirse por cada bloque de adaptación de velocidad, en comparación con el caso donde se usa un bloque de adaptación de velocidad. Por ejemplo, el número de símbolos que puede repetirse por cada bloque de adaptación de velocidad puede reducir la velocidad  $R$  de codificación, en comparación con el caso donde se usa un bloque de adaptación velocidad.

15 Haciendo referencia a la figura 11, en la etapa 1101, se inicializan todo tipo de parámetros que incluyen el número  $N_c$  de símbolos de entrada, el número  $N_i$  de símbolos de salida y el patrón de repetición que determina los parámetros 'a' y 'b' para el procedimiento de adaptación de velocidad. Cuando  $N_c$  y  $N_i$  se determinan por la inicialización de parámetros, el número de símbolos a repetirse está determinado por  $y = N_i - N_c$ , en la etapa 1102. En la etapa 1103, se calcula un valor 'e' de error inicial entre las relaciones de repetición actual y deseada. El valor de error inicial se determina por  $e = b \cdot N_c \bmod a \cdot N_c$ .

20 A continuación, en la etapa 1104, 'm' que indica el orden de los símbolos de entrada se establece en '1' ( $m = 1$ ). A partir de aquí, en las etapas 1105 a 1109, los símbolos se examinan desde el símbolo inicial en cuanto a si debería repetirse o no. Si se determina en la etapa 1107 que el valor 'e' de error calculado es más pequeño que o igual a '0', el símbolo correspondiente se repite y a continuación el valor de error se actualiza por  $e=e+a^m N_c$ , en la etapa 1108. De lo contrario, si se determina en la etapa 1107 que el valor "e" de error calculado es más grande que "0", no se realiza la repetición. La operación de recibir los símbolos codificados en orden, que determina si realizar la repetición de los símbolos recibidos, y realizar la repetición en consecuencia, se realiza repetidamente hasta que se determina en la etapa 1105 que se han recibido todos los símbolos en una trama. Durante el procedimiento de repetición, el valor de error se actualiza por  $e=e-a^m y$  en la etapa 1106.

30 Como se ha descrito anteriormente, el sistema de comunicación de datos de acuerdo con la presente invención puede realizar la adaptación de velocidad tanto en símbolos codificados por canal con un código no sistemático como en símbolos codificados por canal con un código sistemático, usando una sola estructura. Por lo tanto, el sistema de comunicación de datos que soporta tanto los códigos no sistemáticos como los códigos sistemáticos puede adaptar en velocidad selectivamente los símbolos codificados por canal con un código no sistemático o los símbolos codificados por canal con un código sistemático, aumentando de este modo la eficiencia de la transmisión de datos y mejorando el rendimiento del sistema.

35 La presente invención tiene las siguientes ventajas.

En primer lugar, es posible establecer libremente los patrones de perforación/repetición ajustando los parámetros de los bloques de adaptación de velocidad, y todas las condiciones que deberían considerarse cuando la adaptación en

velocidad de los signos de turbo-codificado puede satisfacerse ajustando simplemente los parámetros.

En segundo lugar, es posible implementar todos los bloques de adaptación de velocidad de acuerdo con la velocidad R de codificación usando el mismo algoritmo, y los bloques de adaptación de velocidad son de estructura simple.

- 5 En tercer lugar, un sistema que usa tanto los códigos convolucionales como los códigos turbo puede soportar tanto los códigos convolucionales como los códigos turbo, usando un único dispositivo de adaptación de velocidad en lugar de usando diferentes dispositivos de adaptación de velocidad, simplemente estableciendo diferentes parámetros iniciales.

En cuarto lugar, no es necesario implementar los bloques de adaptación de velocidad de manera diferente de acuerdo con un código convolucional o un código turbo.

- 10 En quinto lugar, estableciendo el número de símbolos de entrada a un valor determinado sumando el número de los bits de cola de la misma de manera que se repiten los bits de cola, el nuevo dispositivo de adaptación de velocidad es útil cuando se usa un decodificador SOVA o cuando el rendimiento se degrada debido a la no repetición de los bits de cola. Estableciendo el número de símbolos de entrada a un valor determinado sumando el número de los bits de cola para el número de bits no de cola de tal manera que se repiten los bits de cola, el nuevo dispositivo de adaptación de velocidad es útil cuando se usa un decodificador SOVA o cuando el rendimiento se degrada debido a la no repetición de los bits de cola.

15 Estableciendo el número de símbolos de entrada a un valor determinado sumando el número de los bits de cola de la misma de manera que se repiten los bits de cola, el nuevo dispositivo de adaptación de velocidad es útil cuando se usa un decodificador SOVA o cuando el rendimiento se degrada debido a la no repetición de los bits de cola.

- 20 En sexto lugar, estableciendo el patrón de perforación que determina el parámetro 'b' a '1' y estableciendo el parámetro 'a' a un valor dentro de un intervalo específico, es posible evitar que se perfora el primer símbolo en una trama. Además, es posible repetir el primer símbolo en una trama estableciendo el patrón de repetición que determina el parámetro 'b' a '1' y estableciendo el parámetro 'a' en un valor dentro de un intervalo específico.

- 25 Aunque la invención se ha mostrado y descrito haciendo referencia a ciertas realizaciones preferidas de la misma, se entenderá por los expertos en la materia que pueden hacerse diversos cambios en la forma y los detalles en la misma sin alejarse del ámbito de la invención tal como se define por las reivindicaciones adjuntas.

## REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de adaptación de velocidad en un sistema de comunicación de datos, comprendiendo el procedimiento la etapa de:  
codificación de canal para generar bits codificados,  
5 **caracterizado por:**
- determinar si un esquema de codificación de canal usado para generar los bits codificados es un código sistemático o un código no sistemático;  
si se usa un código sistemático, perforar una parte de los bits codificados por una función de adaptación de velocidad correspondiente para cada flujo de bits de paridad, respectivamente, derivar un flujo de bits sistemático y multiplexar los flujos de bits de paridad sistemáticos y perforados;  
10 si se usa un código no sistemático para perforar por separado cada flujo de bits codificados por una función de adaptación de velocidad y multiplexar los flujos de bits codificados perforados;
- en el que cada una de las funciones de adaptación de velocidad perfora una parte de los bits codificados de acuerdo con unos parámetros de adaptación de velocidad que están determinados para cada una de las funciones de adaptación de velocidad individualmente.  
15
2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que si se usa un código sistemático, cada flujo de paridad se perfora de acuerdo con unos parámetros de adaptación de velocidad correspondientes a cada flujo de paridad;
3. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que si se usa un código sistemático, se multiplexan el bit sistemático y el perforado de al menos uno de los flujos de bits de paridad y el flujo de bits multiplexado se emite a la transmisión de canales.  
20
4. El procedimiento de adaptación de velocidad de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los parámetros de adaptación de velocidad se determinan para cada función de adaptación de velocidad de acuerdo con un primer parámetro para determinar una posición de un bit para ser el primero perforado en una trama y un segundo parámetro para determinar un período de los bits a perforarse en una trama.  
25
5. El procedimiento de adaptación de velocidad de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el número de bits perforados en cada función de adaptación de velocidad mencionada son iguales entre sí.
6. El procedimiento de adaptación de velocidad de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el número de bits perforados en cada función de adaptación de velocidad mencionada son diferentes uno de otro.
7. Un aparato de adaptación de velocidad en un sistema de comunicación de datos que comprende:  
un codificador (200, 210, 220) de canal adaptado para generar bits codificados, **caracterizado por** comprender además:  
30 un controlador adaptado para determinar si el código de canal que se usa para generar los bits codificados es un código sistemático o un código no sistemático;  
un dispositivo de adaptación de velocidad adaptado para perforar una parte de los bits codificados de la siguiente manera:
- si se usa un código sistemático, una función (231, 232, 233) de adaptación para cada flujo de bits de paridad recibe, respectivamente, un flujo de bits de paridad correspondiente, perfora una parte del flujo de paridad correspondiente y se desvía un flujo sistemático;  
40 si se usa el código no sistemático, una función de adaptación de velocidad perfora por separado cada flujo (231, 232, 233) de bits codificados;
- en el que cada una de las funciones de adaptación de velocidad perfora los bits codificados con los parámetros de adaptación de velocidad que están determinados en correspondencia con cada una de las funciones de adaptación de velocidad individualmente ( $N_c$ ,  $N_i$ ,  $a$ ,  $b$ );  
45 un multiplexor (240) adaptado para multiplexar los bits emitidos por el dispositivo de adaptación de velocidad.
8. El aparato de acuerdo con la reivindicación 7, en el que si se usa un código sistemático, cada flujo de paridad se perfora de acuerdo con unos parámetros de adaptación de velocidad correspondientes a cada flujo de paridad.
9. El aparato de acuerdo con la reivindicación 7, en el que los parámetros de adaptación de velocidad se determinan para cada función de adaptación de velocidad de acuerdo con un primer parámetro para determinar una posición de un bit para ser el primero perforado en una trama y un segundo parámetro para determinar un período de los bits a perforarse en una trama.  
50
10. El aparato de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el número de bits perforados en cada función de adaptación de velocidad mencionada son iguales entre sí.

11. El aparato de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el número de bits perforados en cada función de adaptación de velocidad mencionada son diferentes uno de otro.

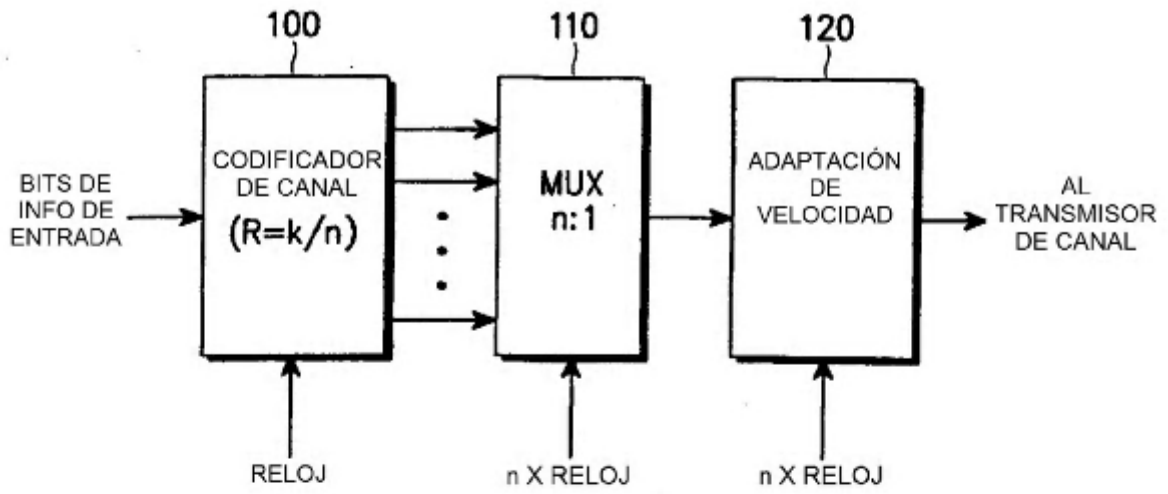


FIG. 1

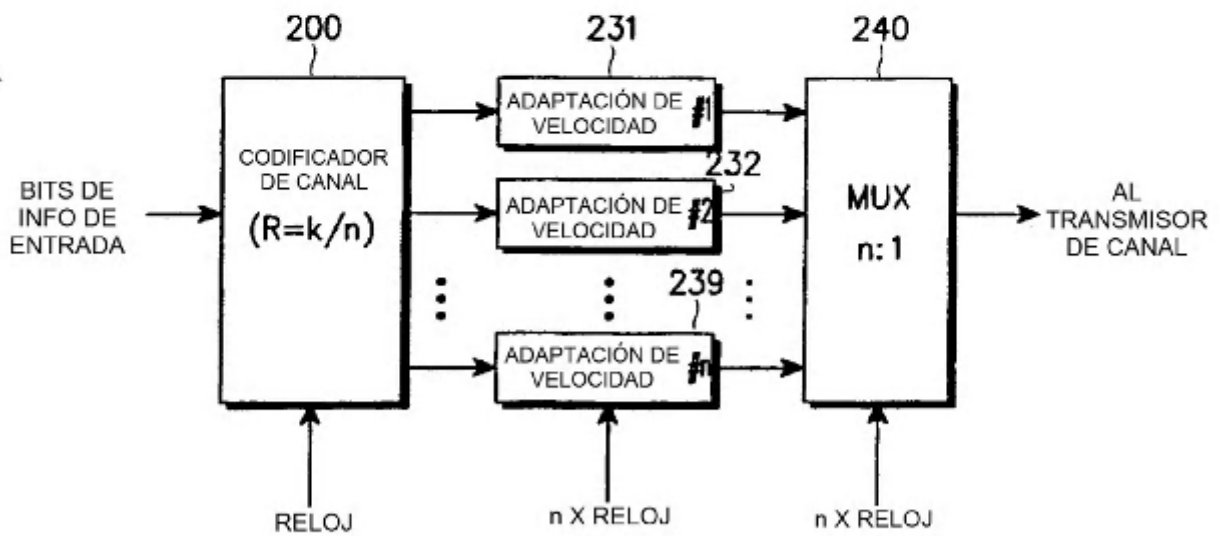


FIG. 2

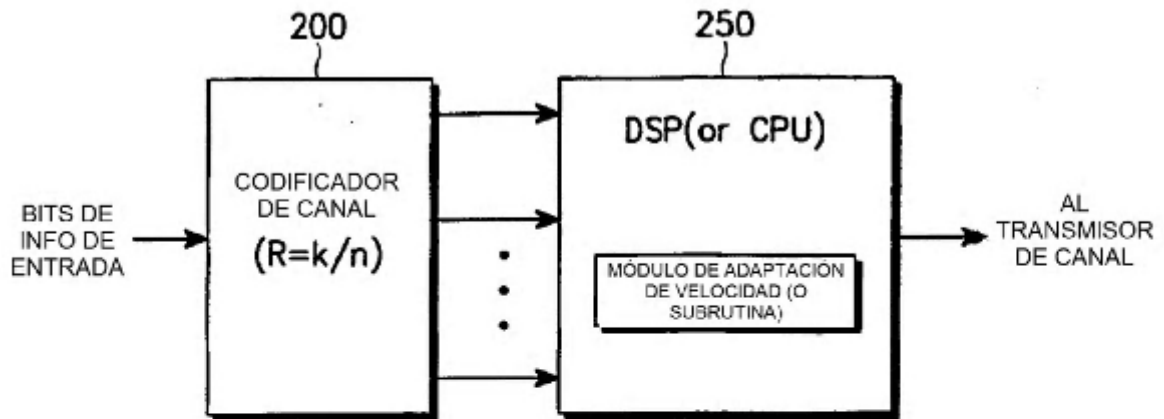


FIG. 3

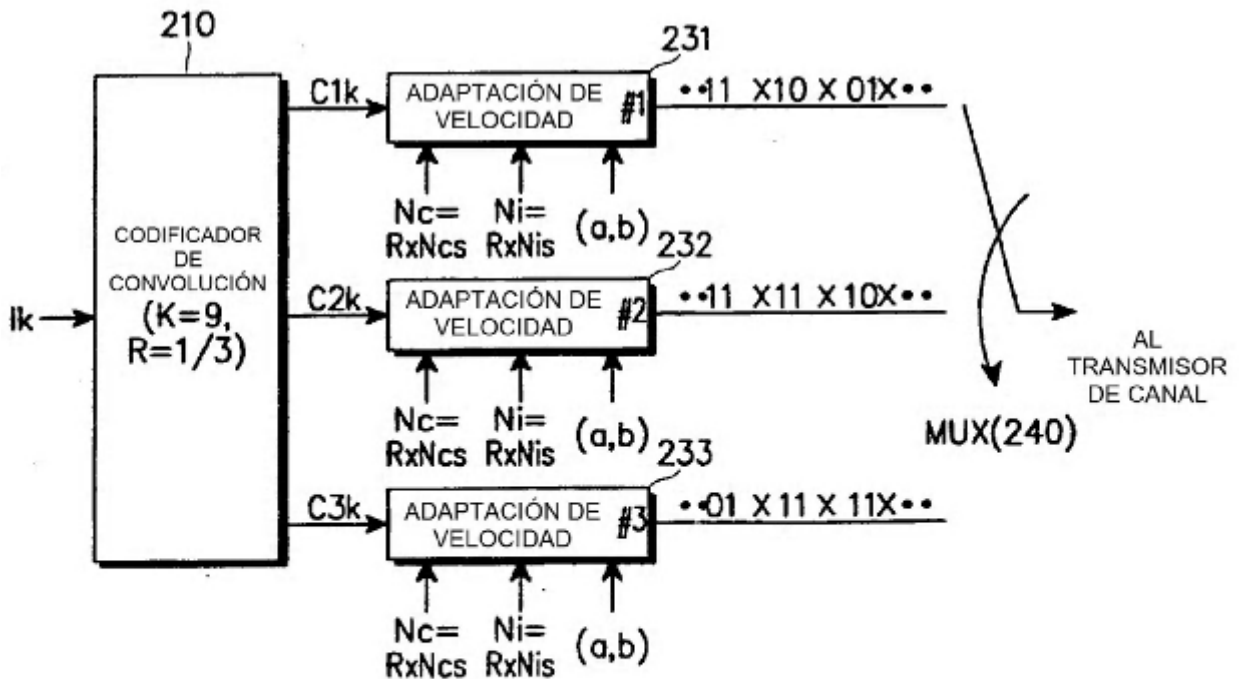


FIG. 4

FIG. 5

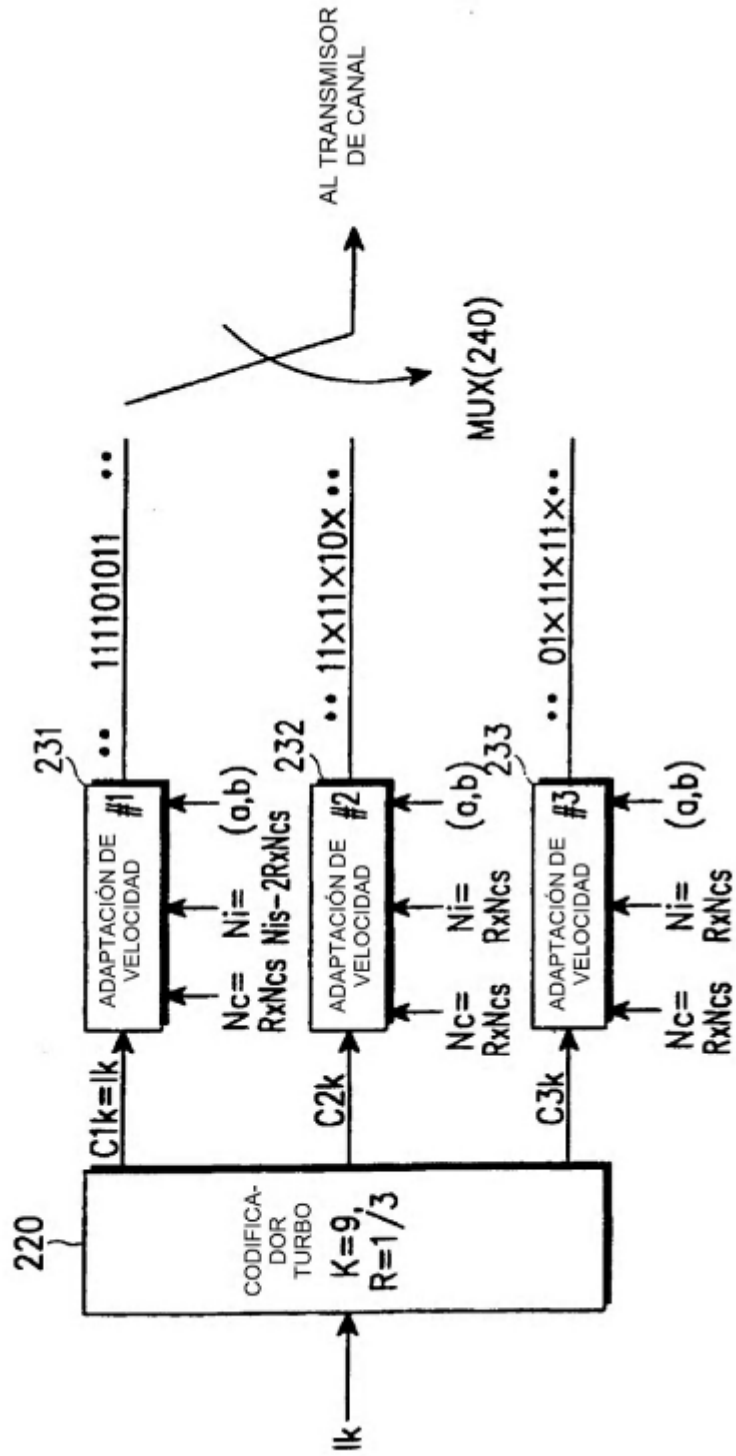
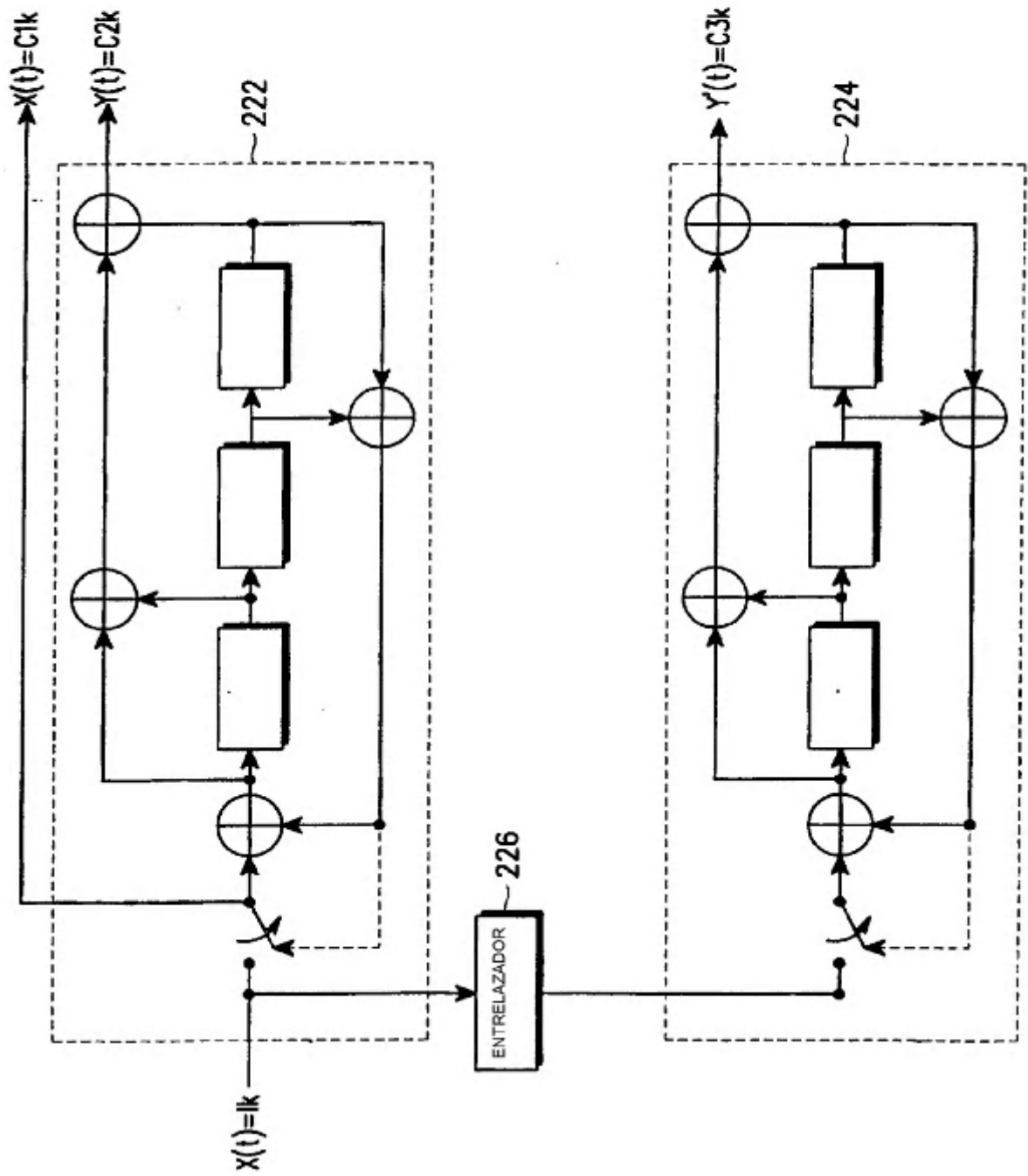


FIG. 6





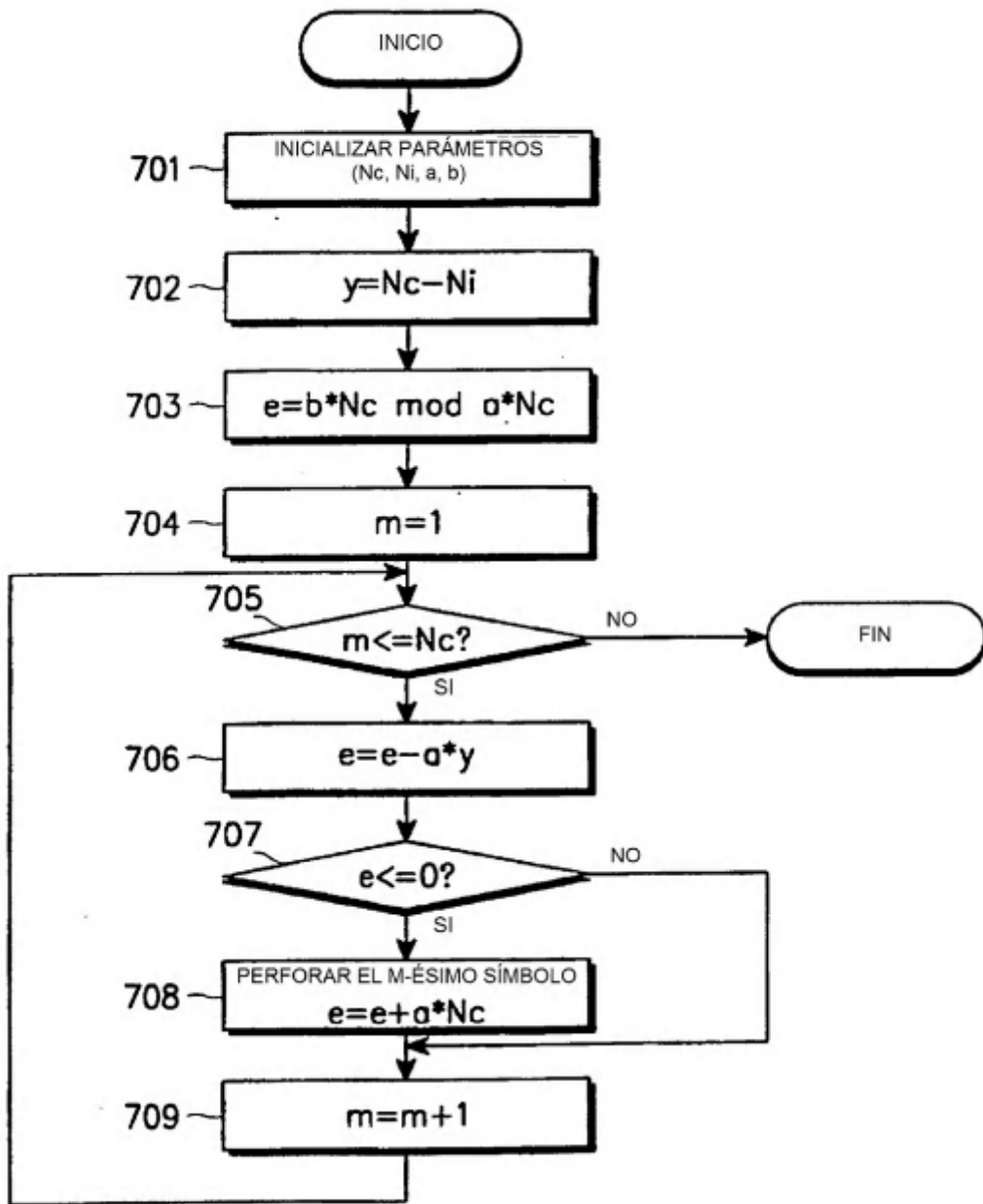


FIG. 7

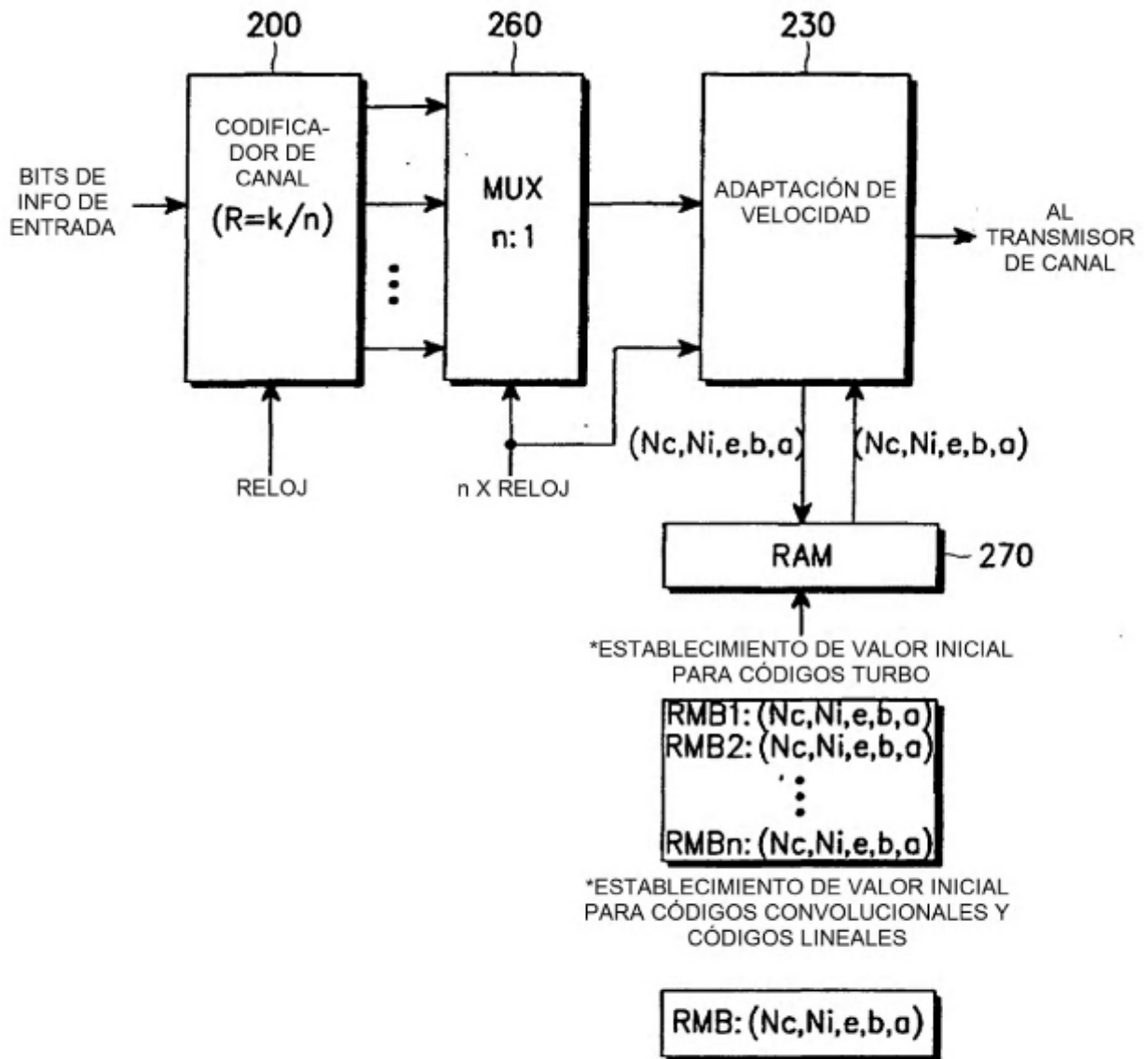


FIG. 8

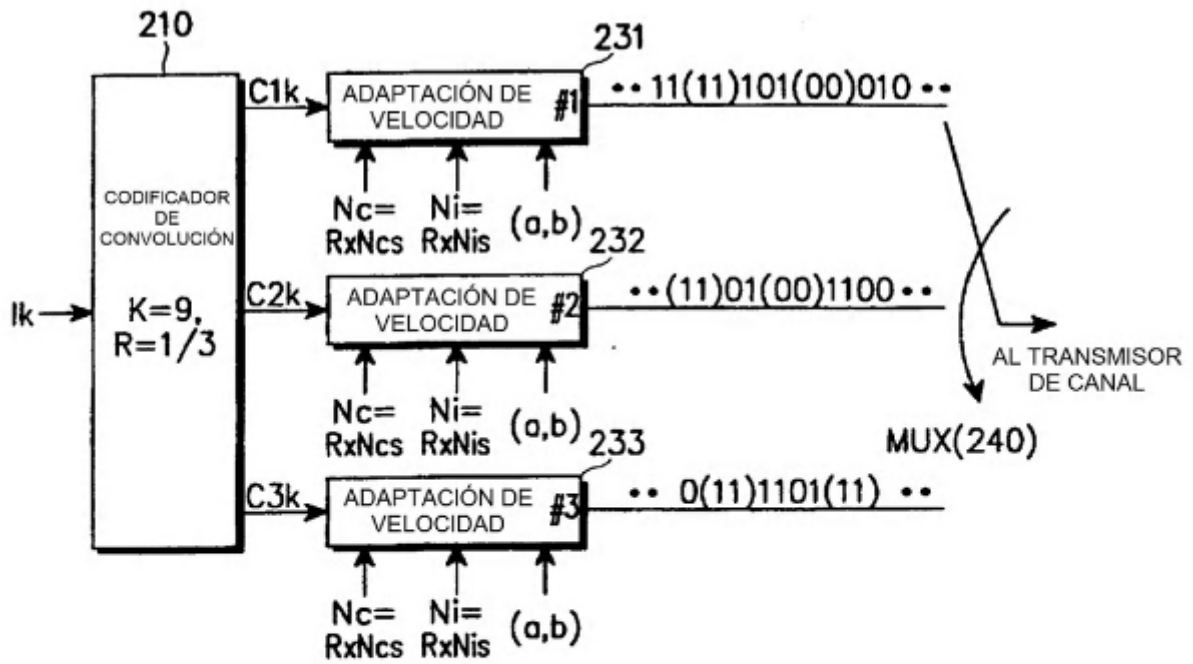


FIG. 9

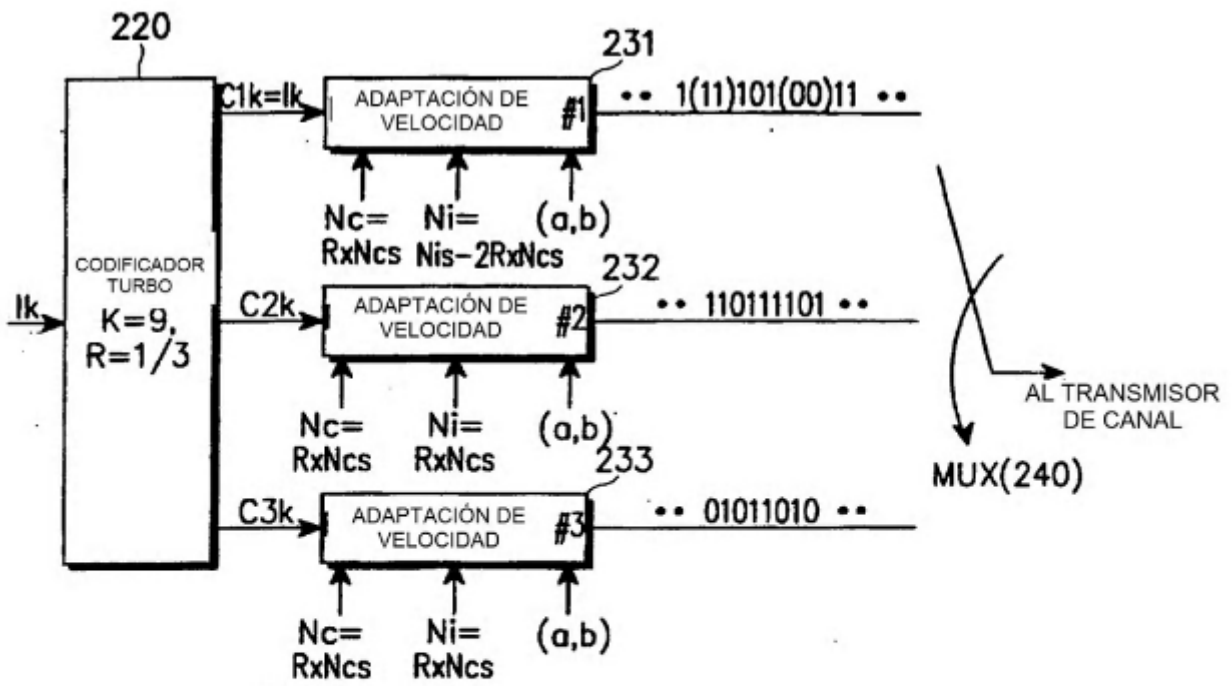


FIG. 10

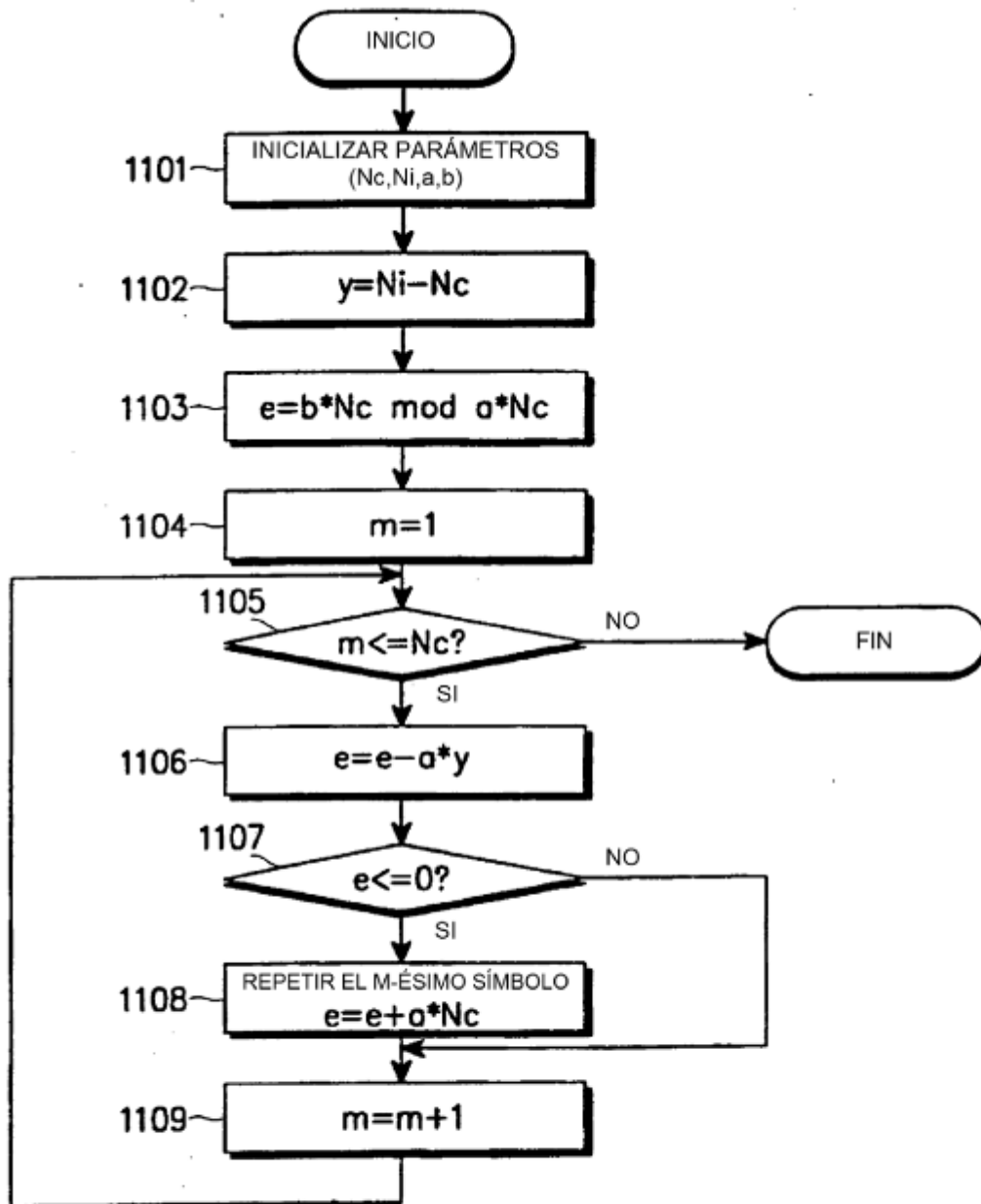


FIG. 11