

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 730 954**

51 Int. Cl.:

**H04N 19/13** (2014.01)  
**H04N 19/18** (2014.01)  
**H04N 19/91** (2014.01)  
**H04N 19/44** (2014.01)  
**H04N 19/176** (2014.01)  
**H04L 12/801** (2013.01)  
**H03M 7/40** (2006.01)  
**H04N 19/93** (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.04.2003** **E 15161640 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2019** **EP 2919390**

54 Título: **Procedimiento de descodificación de longitud variable y aparato**

30 Prioridad:

**19.04.2002 JP 2002118483**  
**26.04.2002 JP 2002126029**  
**13.12.2002 JP 2002363106**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**13.11.2019**

73 Titular/es:

**GODO KAISHA IP BRIDGE 1 (100.0%)**  
**c/o Sakura Sogo Jimusho, 1-11 Kanda Jimbocho,**  
**Chiyoda-ku**  
**Tokyo 101-0051, JP**

72 Inventor/es:

**KONDO, SATOSHI;**  
**KADONO, SHINYA;**  
**HAGAI, MAKOTO y**  
**ABE, KIYOFUMI**

74 Agente/Representante:

**ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María**

**ES 2 730 954 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento de decodificación de longitud variable y aparato

## 5 Campo Técnico

La presente invención se refiere a un procedimiento de codificación de longitud variable para codificar los coeficientes de cada bloque, que se obtienen realizando una transformación de frecuencia en los datos de imagen de una imagen en movimiento por bloque con un tamaño predeterminado, así como un procedimiento de descodificación de longitud variable, y similares.

## Técnica anterior

Al codificar una imagen en movimiento, la compresión del volumen de información se realiza normalmente utilizando redundancias en las direcciones espacial y temporal que posee la imagen en movimiento. Normalmente se usa una transformación en un dominio de frecuencias como procedimiento para utilizar la redundancia espacial, mientras que la codificación por predicción interimagen se usa como procedimiento para utilizar la redundancia temporal.

En un procedimiento de codificación de imagen en movimiento que se encuentra actualmente en proceso de estandarización, la cuantización se realiza en cada bloque de tamaño 4x4 píxeles a fin de generar coeficientes tras realizar la transformación de frecuencias en tal bloque, con vistas a aumentar la eficacia de codificación de un procedimiento de codificación de imagen en movimiento MPEG-4 convencional. Después se realiza un escaneo partiendo desde los componentes de corriente continua hacia los componentes de alta frecuencia, se generan combinaciones de un valor R (*Run*, denominado en lo sucesivo simplemente "R") que indica el número de coeficientes cero consecutivos y un valor de coeficiente L (*Level*, denominado en lo sucesivo simplemente "L") posterior al mismo de forma que se cree una secuencia (R, L). Después de transformar esta (R, L) en un número de código usando una tabla de códigos predeterminada, la codificación se realiza transformando el número de código en un código VLC, usando también una única tabla de codificación de longitud variable (VLC). En la tabla de códigos se asigna normalmente un número de código más pequeño a medida que aumenta la probabilidad de que aparezcan. Por ejemplo, se asigna un número de código pequeño a una combinación en la que tanto R como L indican valores pequeños ya que la probabilidad de que aparezca es alta. En ciertas tablas de códigos VLC, se asigna un código VLC que posee una longitud de código corta a un número de código pequeño (véase la referencia al documento ISO/IEC 14496-2: "Information technology—Coding of audio-visual objects—Part 2: Visual" 7.4.1, págs. 119 a 120, 12/1999).

Sin embargo, el uso del procedimiento existente ocasiona una disminución en la eficiencia de la codificación debido a que la longitud del código se hace más larga a medida que crecen el número de coeficientes R cero consecutivos y un valor de coeficiente L. Normalmente, la disminución en la eficiencia resulta evidente cuando se codifica un componente de baja frecuencia, ya que el valor de coeficiente L como valor del componente de baja frecuencia es alto.

Concretamente, a consecuencia de asignar una única tabla VLC de acuerdo con la probabilidad de aparición y un único y exclusivo código de longitud variable a un par formado por R y L, el valor de coeficiente L que indica un valor alto se transforma en un código de longitud variable que posee una longitud de código muy larga. Aún cuando se codifica L por separado de R (codificación unidimensional de L) usando una única tabla VLC, surge el mismo problema que en el caso de codificar R y L como un par.

En el documento EP 0827345 se describe un sistema de codificación de imagen en el que una señal de imagen de entrada se divide en bloques, los bloques resultantes se transforman en dos o más tipos de coeficientes transformados y los coeficientes transformados se escanean de acuerdo con una pluralidad de secuencias de escaneo. Los coeficientes escaneados de ese modo se codifican aún más de acuerdo con una pluralidad de tablas de codificación, y, entre las combinaciones de la pluralidad de secuencias de escaneo con la pluralidad de tablas de codificación, se selecciona una combinación de secuencia de escaneo con una tabla de codificación que proporciona la mayor eficiencia de codificación, mediante unos medios de selección de secuencia de escaneo y tabla de codificación, de acuerdo con el nivel de distribución de los coeficientes transformados.

En el documento EP 0616471 se describe una codificación de longitud variable que hace uso de una pluralidad de tablas, en la que se generan tablas para cada par *run-level* posible de acuerdo con sus frecuencias de aparición. Cuando se van a codificar datos de un coeficiente, se selecciona una tabla correspondiente al tamaño de los datos del coeficiente proporcionados antes de que se seleccionen esos datos del coeficiente y la codificación se realiza basándose en la tabla seleccionada.

En el documento JP 8214310 se describe una codificación de longitud variable, cambiando entre 3 tablas de acuerdo con la correlación entre coeficientes consecutivos.

- 5 En el documento EP 0267578 se describe un sistema de codificación que efectúa una codificación de longitud variable haciendo uso de una pluralidad de conjuntos de códigos en la que diferentes conjuntos de códigos se seleccionan por sus componentes de alta y baja frecuencia.

### Descripción de la invención

10

La presente invención está concebida en vista de los anteriores problemas, y pretende proporcionar el procedimiento de codificación de longitud variable y el procedimiento de descodificación de longitud variable que pueden mejorar la eficiencia de la codificación cuando se codifica el valor de coeficiente L.

- 15 Con el fin de lograr el anterior objetivo, se describen el procedimiento y aparato de codificación de longitud variable de acuerdo con las reivindicaciones.

De este modo, es posible mejorar la eficiencia de la codificación, ya que el código de longitud variable con la longitud de código basada en el coeficiente puede adaptarse a cada tabla. En otras palabras, es posible acortar notablemente una longitud de código cambiando de una tabla a otra dependiendo del coeficiente, de forma que se pueda codificar un coeficiente en un código de longitud variable cuya longitud de código sea más corta en una tabla que en la otra cuando el coeficiente es alto.

- 20 Aquí, una dirección de cambio entre la pluralidad de tablas puede ser unidireccional. Así se evita el frecuente cambio de tablas y por tanto el número de veces que se cambia de una tabla a otra disminuye. Por lo tanto, es posible aumentar la eficiencia de la codificación. Por ejemplo, al tener el área de trabajo de la memoria un espacio limitado, sólo se almacena una tabla para su uso. En este caso, se tarda un tiempo en comenzar a codificar el siguiente coeficiente, ya que se tarda un tiempo en leer la siguiente tabla desde la ROM y en expandirla en el área de trabajo cada vez que se cambia de tabla. Este cambio unidireccional de una tabla a otra resulta eficaz para limitar el número de veces que se cambia de tabla y para reducir el tiempo total necesario para codificar el siguiente coeficiente.

En la etapa de codificación, la codificación se puede realizar en cada uno de dichos bloques cambiando entre la pluralidad de tablas y los coeficientes pueden ser coeficientes distintos de cero que se hayan unidimensionalizado.

- 35 Es preferible que la codificación sea una codificación no aritmética. De este modo, cuando se determina una tabla que se va a usar para la codificación, la codificación de coeficientes para obtener códigos de longitud variable puede realizarse consultando la tabla.

- También es preferible que cada una de las tablas posea una tasa de cambio diferente en la longitud de código para coeficientes de forma que una longitud de código para el coeficiente más pequeño se haga más larga en un orden ascendente de números asignados respectivamente a cada una de las tablas y una longitud de código para el coeficiente más largo no se haga más larga en el mismo orden ascendente de dichos números. Además, también resulta preferible que cada una de las tablas se construya de forma que una tasa de aumento en la longitud de código correspondiente a un aumento en los coeficientes se haga más pequeña en un orden ascendente de números asignados a cada una de las tablas. De este modo puede lograrse con seguridad la mejora de la eficiencia de la codificación, ya que se puede asignar un intervalo en el que una longitud de código se haga más corta en cada tabla.

- 45 También es preferible que en la etapa de codificación se cambie entre cada una de las tablas basándose en un valor umbral predeterminado para un valor absoluto del coeficiente. De este modo resulta fácil juzgar una sincronización para el cambio de una tabla a otra y, por tanto, se puede lograr la eficiencia en la codificación.

- También es preferible que en la etapa de escaneo de coeficientes, los coeficientes se escanean partiendo desde los componentes de alta frecuencia hacia los componentes de baja frecuencia. Al existir una fuerte tendencia a que el valor absoluto del coeficiente crezca gradualmente alrededor de "1", resulta fácil, por tanto, determinar una tabla para codificar el primer coeficiente del bloque, una estructura de cada tabla y un valor umbral.

Además, también es preferible que en la etapa de codificación, se cambie de una tabla usada para codificar un coeficiente actual que se va a codificar a una tabla cuyo número sea mayor que el número asignado a dicha tabla, cuando el valor absoluto del coeficiente actual supera un valor umbral. De este modo se puede aumentar la

eficiencia de la codificación, ya que se puede acortar una longitud de código cuando se codifica el siguiente coeficiente.

**Breve descripción de los dibujos**

- 5 La fig. 1 es un diagrama de bloques que muestra una estructura funcional de un aparato de codificación que usa un procedimiento de codificación de longitud variable y un procedimiento de codificación de imagen en movimiento de acuerdo con una primera forma de realización de la presente invención.
- 10 La fig. 2 es un diagrama de bloques que muestra detalladamente una estructura funcional de una unidad de codificación de longitud variable que se muestra en la fig. 1.
- Las figs. 3A y 3B son diagramas de patrones para describir el procesamiento ejecutado por una unidad de generación de secuencias RL que se muestra en la fig. 2.
- 15 Las figs. 4A y 4B son diagramas de patrones para describir una secuencia RL generada por la unidad de generación de secuencias RL y el procesamiento de reordenación ejecutado por una unidad de reordenación que se muestra en la fig. 2.
- 20 La fig. 5 es un diagrama que muestra un ejemplo de una tabla de códigos guardada por una unidad de almacenamiento de tablas que se muestra en la fig. 2.
- La fig. 6 es un diagrama que muestra un ejemplo de una tabla VLC guardada por la unidad de almacenamiento de tablas que se muestra en la fig. 2.
- 25 Las figs. 7A y 7B son diagramas de patrones para describir otro ejemplo de la secuencia RL generada por la unidad de generación de secuencias RL y el procesamiento de reordenación ejecutado por la unidad de reordenación.
- La fig. 8 es un diagrama de bloques que muestra una estructura funcional de un aparato de descodificación que usa un procedimiento de descodificación de longitud variable y un procedimiento de descodificación de imagen en movimiento de acuerdo con una segunda forma de realización de la presente invención.
- 30 un procedimiento de descodificación de longitud variable y un procedimiento de descodificación de imagen en movimiento de acuerdo con una segunda forma de realización de la presente invención.
- La fig. 9 es un diagrama de bloques que muestra detalladamente una estructura funcional de una unidad de descodificación de longitud variable que se muestra en la fig. 8.
- 35 Las figs. 10A y 10B son diagramas de patrones para describir una secuencia RL generada por una unidad de conversión de códigos que se muestra en la fig. 9 y el procesamiento de reordenación ejecutado por una unidad de reordenación que se muestra en la fig. 9.
- 40 La fig. 11 es un diagrama de patrones para describir el procesamiento ejecutado por una unidad de generación de coeficientes que se muestra en la fig. 9.
- Las figs. 12A y 12B son diagramas de patrones para describir otro ejemplo de la secuencia RL generada por la unidad de conversión de códigos y el procesamiento de la reordenación ejecutado por la unidad de reordenación.
- 45 La fig. 13 es un diagrama de bloques que muestra una estructura de un aparato de codificación de acuerdo con una tercera forma de realización de la presente invención.
- La fig. 14 es un diagrama de bloques que muestra una estructura interna de la unidad de codificación de longitud variable de acuerdo con la tercera forma de realización de la presente invención.
- 50 Las figs. 15A y 15B son diagramas de patrones que muestran esquemáticamente una secuencia RL producida por la unidad de generación de secuencias RL de acuerdo con la tercera forma de realización de la presente invención.
- Las figs. 16A, 16B y 16C son diagramas de patrones que muestran esquemáticamente la secuencia RL producida por la
- 55 unidad de generación de secuencias RL de acuerdo con la tercera forma de realización de la presente invención.
- La fig. 17 es un diagrama de transición que muestra un procedimiento de cambio de una tabla de probabilidades a otra de acuerdo con la tercera forma de realización de la presente invención.

La fig. 18 es un diagrama de visualización del contenido de las tablas de probabilidades de acuerdo con la tercera forma de realización de la presente invención.

La fig. 19 es un diagrama de bloques que muestra una estructura de un aparato de descodificación de imágenes de acuerdo con una cuarta forma de realización de la presente invención.

La fig. 20 es un diagrama de bloques que muestra una estructura interna de una unidad de descodificación de longitud variable de acuerdo con la cuarta forma de realización de la presente invención.

10 La fig. 21 es un diagrama de una tabla que muestra un ejemplo de tabla binaria.

La fig. 22 es un diagrama de bloques que muestra una estructura funcional de un aparato de codificación, al que se aplica un procedimiento de codificación de longitud variable y un procedimiento de codificación de imagen en movimiento de acuerdo con una quinta forma de realización de la presente invención.

15

La fig. 23 es un diagrama de bloques que muestra detalladamente una estructura funcional de una unidad de codificación de longitud variable que se muestra en la fig. 22.

Las figs. 24A y 24B son diagramas que muestran un ejemplo de secuencia L y secuencia R generadas por una unidad de generación de secuencias RL que se muestra en la fig. 23.

20

La fig. 25 es un diagrama que muestra un ejemplo estructural para cada tabla VLC almacenada en una unidad de almacenamiento que se muestra en la fig. 23.

25 La fig. 26 es un diagrama que muestra un ejemplo estructural de una tabla de valores umbral almacenada en la unidad de almacenamiento que se muestra en la fig. 23.

La fig. 27 es un diagrama de flujo que muestra el procesamiento de la asignación de códigos de longitud variable, ejecutado por una unidad de asignación de códigos que se muestra en la fig. 23.

30

La fig. 28 es un diagrama que muestra una relación entre la tabla VLC usada para la codificación y un valor umbral.

La fig. 29 es un diagrama de patrones que muestra el modo en que la unidad de asignación de códigos lleva a cabo el procesamiento de la codificación.

35

La fig. 30 es un diagrama de bloques que muestra una estructura funcional de un aparato de descodificación que usa un procedimiento de descodificación de longitud variable y un procedimiento de descodificación de imagen en movimiento de acuerdo con una sexta forma de realización de la presente invención.

40 La fig. 31 es un diagrama de bloques que muestra detalladamente una estructura funcional de una unidad de descodificación de longitud variable que se muestra en la fig. 30.

Las figs. 32A, 32B y 32C son ilustraciones para un caso en el que se lleva a cabo el procedimiento de codificación de imagen en movimiento de acuerdo con la primera, tercera y quinta formas de realización o el procedimiento de descodificación de imagen en movimiento de acuerdo con la segunda, cuarta y sexta formas de realización en un

45

sistema informático que usa un disco flexible en el que hay grabado un programa para ejecutar estos procedimientos.

La fig. 33 es un diagrama de bloques que muestra una configuración completa de un sistema de entrega de contenidos para realizar un servicio de entrega de contenidos.

50 La fig. 34 es una ilustración que muestra un teléfono móvil haciendo uso de un procedimiento de predicción de imagen en movimiento, el aparato de codificación de imagen en movimiento y el aparato de descodificación de imagen en movimiento de acuerdo con la presente invención.

La fig. 35 es un diagrama de bloques que muestra una estructura de un teléfono móvil de acuerdo con la presente invención.

55

La fig. 36 es un diagrama de bloques que muestra una configuración completa de un sistema de difusión digital de acuerdo con la presente invención.

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

A continuación se describen las formas de realización de acuerdo con la presente invención haciendo referencia a los diagramas.

5 (Primera forma de realización)

La fig. 1 es un diagrama de bloques que muestra una estructura funcional de un aparato de codificación al que se aplica el procedimiento de codificación de imagen en movimiento de acuerdo con la presente invención. La primera forma de realización ilustra la estructura funcional en un caso de codificación intraimagen de una imagen de entrada usando el procedimiento de codificación de imagen en movimiento de acuerdo con la presente invención.

Como se muestra en el diagrama, un aparato de codificación está compuesto por una unidad de conversión de bloques 110, una unidad de transformación de frecuencia 120, una unidad de cuantización 130 y una unidad de codificación de longitud variable 140. Cada unidad de las que componen tal aparato de codificación 100a se obtiene con una CPU, una ROM para almacenar previamente un programa o datos ejecutados por la CPU y una memoria para proporcionar un área de trabajo cuando se ejecuta el programa así como para almacenar temporalmente la imagen de entrada, o similares.

20 La unidad de transformación de bloques 110 divide la imagen de entrada en bloques, cada uno con un tamaño de 4 (horizontal) x 4 (vertical) píxeles y envía cada bloque de píxeles a la unidad de transformación de frecuencia 120.

La unidad de transformación de frecuencia 120 realiza la transformación de frecuencia en los bloques de píxeles introducidos y los convierte en coeficientes de frecuencia y después envía los coeficientes de frecuencia transformados a la unidad de cuantización 130.

La unidad de cuantización 130 realiza el procesamiento de la cuantización en los coeficientes de frecuencia introducidos. El procesamiento de la cuantización se refiere aquí a un procesamiento equivalente a dividir un coeficiente de frecuencia por un determinado valor de cuantización. Además, el valor de cuantización varía dependiendo generalmente de un bloque de píxeles y una banda de frecuencia. Los coeficientes de frecuencia cuantizados se introducen en la unidad de codificación de longitud variable 140.

La unidad de codificación de longitud variable 140 realiza la codificación de longitud variable en valores de los coeficientes de frecuencia en el bloque cuyo tamaño está predeterminado (4 x 4 píxeles).

La fig. 2 es un diagrama de bloques que muestra detalladamente una estructura funcional de la unidad de codificación de longitud variable 140.

La unidad de codificación de longitud variable 140 incluye una unidad de generación de secuencias RL 141, una unidad de reordenación 142, una unidad de asignación de códigos 143 y una unidad de almacenamiento 144.

Los coeficientes de frecuencia cuantizados enviados desde la unidad de cuantización 130 se introducen en la unidad de generación de secuencias RL 141.

45 La unidad de generación de secuencias RL 141 convierte en primer lugar los coeficientes de frecuencia cuantizados en coeficientes unidimensionalizados, usando un procedimiento de escaneo predeterminado. La unidad de generación de secuencias RL 141 genera después una secuencia (que en lo sucesivo se denominará "secuencia RL") formada por una combinación de un valor R, que indica el número de coeficientes cero consecutivos y un valor de coeficiente distinto de cero L posterior a aquel. Se explica un ejemplo de esto haciendo referencia a las figs. 3 y 4.

50 La fig. 3A es un diagrama de bloques que muestra los coeficientes de frecuencia cuantizados en un bloque, enviados desde la unidad de cuantización 130. Aquí, el coeficiente de frecuencia de la parte superior izquierda indica un componente de corriente continua, y los componentes de la frecuencia en la dirección horizontal se hacen más grandes hacia la derecha, mientras que los componentes de la frecuencia en la dirección vertical se hacen más grandes hacia abajo. La fig. 3B es un diagrama que muestra un procedimiento de escaneo para unidimensionalizar los coeficientes de frecuencia cuantizados. La unidad de generación de secuencias RL 141 unidimensionaliza los coeficientes realizando el escaneo partiendo desde el dominio de baja frecuencia hasta el dominio de alta frecuencia.

En la fig. 4A se muestra un resultado de la generación de una secuencia RL para los valores de los coeficientes

unidimensionalizados, efectuada por la unidad de generación de secuencias RL 141. En la fig. 4A, EOB (fin de bloque) es un identificador que indica que los siguientes valores del bloque son todos "0". Generalmente es más probable que el valor de un coeficiente sea "0" en el dominio de alta frecuencia. Por lo tanto, al realizar el escaneo partiendo desde el dominio de baja frecuencia hacia el dominio de alta frecuencia, es posible reducir la cantidad de información incluida en la secuencia RL. La secuencia RL generada se introduce en la unidad de reordenación 142.

La unidad de reordenación 142 ordena la secuencia RL en orden inverso. No obstante, el EOB no se reordenará. La fig. 4B muestra un estado posterior a la realización de la reordenación. La secuencia RL así reordenada se introduce en la unidad de asignación de códigos 143.

10

La unidad de almacenamiento de tablas 144 guarda previamente una tabla de códigos, (véase la referencia a la fig. 5) que correlaciona valores RL con números de código asignados a los valores RL así como una pluralidad de tipos de tablas (tablas VLC en la fig. 6) que correlaciona los números de código con códigos de longitud variable, y similares.

15 La unidad de asignación de códigos 143 asigna los códigos de longitud variable a cada par en la secuencia RL usando las tablas almacenadas en la unidad de almacenamiento de tablas 144.

Para expresarlo con mayor precisión, la unidad de asignación de códigos 143 asigna en primer lugar los números de código a los valores RL. Aquí, la conversión de los valores RL en números de código se efectúa usando una tabla de códigos predeterminada (véase referencia a la fig. 5) almacenada en la unidad de almacenamiento de tablas 144.

20 La fig. 5 es un diagrama que muestra un ejemplo de la tabla de códigos.

La tabla de códigos se construye haciendo uso de una tendencia a que los números de código más pequeños se asignen normalmente a medida que aumenta la probabilidad de los valores RL y la probabilidad aumenta cuando los valores RL indican los valores más pequeños. Con el uso de esta tabla, por ejemplo, el número de código "2" se asigna al primer valor RL (0, -1). Para los valores RL del segundo al quinto (1, 1), (0, -2), (0, 3) y (0, 4), se asignan los números de código "3", "8", "13" y "15", respectivamente.

30 Después, la unidad de asignación de códigos 143 convierte los números de código en los códigos de longitud variable. Para la conversión de los números de código en los códigos de longitud variable, se usa una pluralidad de tablas VLC (véase referencia a la fig. 6) almacenadas en la unidad de almacenamiento de tablas 144.

La fig. 6 es un diagrama que muestra un ejemplo de la tabla VLC.

35

En la primera forma de realización se almacenan dos tipos de tablas VLC.

La primera tabla VLC 1 y la segunda tabla VLC 2 se construyen de tal modo que el código de longitud variable se hace más largo a medida que el número de código se hace más grande. La tabla VLC 1 se construye de forma que el código de longitud variable se hace más corto a medida que el número de código se hace más pequeño, comparado con la tabla VLC 2, mientras que la tabla VLC 2 se construye de forma que el código de longitud variable se hace más corto a medida que el número de código se hace más grande, comparado con la tabla VLC 1. Concretamente, se asigna un código corto a un número de código pequeño en la tabla VLC 1 y se asigna un código corto a un número de código grande en la tabla VLC 2.

45

La tabla VLC 1 se usa para el primer valor RL. En este caso, el número de código para el primer valor RL es "2", por lo tanto, el código de longitud variable es "011". Posteriormente se realiza la conversión de los números de código en códigos de longitud variable, y cuando un valor absoluto de L supera un valor umbral, se usa la tabla VLC 2 para los siguientes valores RL. Suponiendo que un valor umbral del valor absoluto de L es "2", el valor absoluto de L supera el valor umbral en el cuarto valor RL (0, 3). Por lo tanto, la tabla VLC 1 se usa para los valores RL del primero al cuarto y la tabla VLC 2 se usa para el quinto valor RL y siguientes.

50

Aquí, el valor absoluto de L vuelve a bajar del valor umbral en el séptimo valor RL (1, 2), sin embargo, no se cambia de tabla a la tabla VLC 1, y se usa la tabla VLC 2 para la conversión. Esto supone que una dirección de cambio de entre tablas es unidireccional. Aquí, "unidireccional" quiere decir que la tabla que se usa una vez no se vuelve a usar. Así, se evita el cambio frecuente de una tabla a otra y, por tanto, disminuye el número de veces que se cambia de tabla. El valor absoluto de L tiende generalmente a aumentar cuando los coeficientes se unidimensionalizan partiendo desde los componentes de alta frecuencia hacia los componentes de baja frecuencia. Por lo tanto, en muchos casos, una vez que el valor absoluto de L sobrepasa el valor umbral, el coeficiente es el único que baja del valor umbral aunque el valor

55

absoluto de L vuelva a bajar del valor umbral. Por lo tanto es posible mejorar la eficiencia de la codificación dejando de usar las tablas usadas aunque el valor absoluto de L vuelva a bajar del valor umbral. Por ejemplo, normalmente en un área de trabajo sólo se almacena la tabla que se va a usar a continuación, ya que el área de trabajo de la memoria posee un espacio limitado. En este caso, se tarda un tiempo hasta que se empieza a codificar el siguiente coeficiente ya que se tarda un tiempo en leer la siguiente tabla desde la ROM y expandirla en el área de trabajo cada vez que se cambia de tabla. De este modo, el cambio unidireccional de tabla resulta eficaz para limitar el número de veces que se cambia de tabla y para abreviar un tiempo total necesario para comenzar a codificar el siguiente coeficiente.

La unidad de generación de secuencias RL 141 realiza el escaneo en los valores de coeficiente en una secuencia de valores de coeficiente que comienza desde los componentes de baja frecuencia hacia los componentes de alta frecuencia, mientras que la unidad de asignación de códigos 143 realiza posteriormente la codificación de longitud variable partiendo desde el final de la secuencia de valores de coeficiente. Esto facilita las decisiones rápidas en una tabla que se vaya a usar para codificar el primer valor de coeficiente del bloque, una estructura de cada tabla y valor umbral, ya que el valor absoluto del coeficiente tiende a aumentar hasta alrededor de "1".

Así, el procedimiento de codificación de longitud variable de acuerdo con la primera forma de realización realiza un escaneo en los coeficientes de frecuencia del bloque, partiendo desde el dominio de baja frecuencia hacia el dominio de alta frecuencia. Entonces se genera una secuencia de valores RL, cada uno de los cuales es una combinación de un valor R que indica el número de coeficientes cero consecutivos y un valor de coeficiente L que indica que se genera un coeficiente distinto de cero para los coeficientes unidimensionalizados. Los valores RL se convierten en los códigos de longitud variable en un orden inverso al orden de escaneo. Es decir, los valores RL pueden convertirse directamente. Se prepara una pluralidad de tablas para convertir los valores RL en los códigos de longitud variable. En primer lugar, se usa la primera tabla VLC para la conversión, y cuando el valor absoluto de L supera el valor umbral, se usa la segunda tabla VLC para los siguientes valores RL. Aquí, en la primera tabla VLC, el código de longitud variable se hace más corto a medida que el número de código se hace más pequeño, comparado con la segunda tabla VLC, y en la segunda tabla VLC, el código de longitud variable se hace más corto a medida que el número de código se hace más grande, comparado con la tabla VLC.

El valor absoluto de L suele hacerse más grande en el dominio de baja frecuencia, por lo tanto, el valor absoluto de L se hace más grande cuando los valores RL se convierten en los códigos de longitud variable en un orden inverso al orden en que se generan los valores RL mediante el escaneo de los coeficientes desde el dominio de baja frecuencia hacia el dominio de alta frecuencia.

Por lo tanto, cuando el valor absoluto de L se hace más grande después de que el valor absoluto de L haya superado el valor umbral, es decir, usando la tabla VLC en la que el código de longitud variable se hace más corto a medida que el número de código se hace más grande, se puede reducir la cantidad total de código. Es decir, la cantidad de código total para L puede reducirse también codificando L y R por separado y, asimismo, usando tablas VLC plurales.

La primera forma de realización describe el caso de la codificación de la imagen usando una codificación intraimagen; no obstante, se pueden obtener los mismos efectos para el caso en el que una imagen se codifica por medio de una codificación interimagen llevando a cabo una compensación de movimiento y otros tratamientos en una imagen en movimiento de entrada, usando el procedimiento de acuerdo con la presente forma de realización.

Además, la primera forma de realización describe el caso de la división de la imagen de entrada en un bloque con un tamaño de 4 (horizontal) x 4 (vertical) píxeles; no obstante, se puede dar un tamaño diferente para el tamaño del bloque.

La primera forma de realización describe un procedimiento de escaneo de un bloque haciendo referencia a la fig. 3; no obstante, se puede emplear otro procedimiento de escaneo siempre que el escaneo se lleve a cabo partiendo desde el dominio de baja frecuencia hacia el dominio de alta frecuencia.

Además, se describe un ejemplo de la tabla de códigos haciendo referencia a la fig. 5; no obstante, puede ser una tabla de códigos diferente.

Igualmente, se describe un ejemplo de la tabla VLC haciendo referencia a la fig. 6; no obstante, puede ser una tabla diferente.

En la presente forma de realización se describe el caso en que se usan dos tablas VLC; no obstante, se pueden usar tres tablas VLC con el uso de una pluralidad de valores umbral y las tablas VLC pueden cambiarse cada vez que se supera el valor umbral.

En la primera forma de realización se explica que las tablas VLC se cambian cuando el valor absoluto de L haya superado el valor umbral; no obstante, se pueden obtener los mismos efectos en el cambio de tabla VLC cuando el número de código haya superado el valor umbral.

5

En la presente forma de realización se describe también que el EOB se añade al final de la secuencia RL; no obstante, el número de los valores RL puede añadirse a la cabecera de la secuencia RL. Las figs. 7A y 7B muestran el número de valores RL que se van a codificar y la secuencia RL, correspondientes a las figs. 4A y 4B para este caso.

10 En la tabla que se muestra en la fig. 5, la asignación del número de código al EOB resulta innecesaria.

(Segunda forma de realización)

La fig. 8 es un diagrama de bloques que muestra una estructura funcional de un aparato de descodificación al que se aplica el procedimiento de descodificación de longitud variable de acuerdo con las formas de realización de la presente invención. Aquí, se introducirá el flujo de bits generado usando el procedimiento de codificación de longitud variable de acuerdo con la presente invención descrito en la primera forma de realización.

Como se muestra en la fig. 8, un aparato de descodificación 500a está compuesto por una unidad de descodificación de longitud variable 510, una unidad de cuantización inversa 520, una unidad de transformación de frecuencia inversa 530 y una memoria de imagen 540. Cada unidad de las que componen tal aparato de descodificación 500a, como el aparato de codificación 100a, se obtiene con una CPU, una ROM para almacenar previamente un programa o datos ejecutados por la CPU y una memoria para proporcionar un área de trabajo cuando el programa se ejecuta, así como para almacenar temporalmente la imagen de entrada, o similares.

25

El flujo de bits se introduce en la unidad de descodificación de longitud variable 510. La unidad de descodificación de longitud variable 510 descodifica el flujo de bits que está codificado mediante codificación de longitud variable. El flujo de bits se genera mediante la división de los datos de imagen en bloques, cada uno de los cuales posee un tamaño predeterminado, unidimensionalizando los coeficientes de frecuencia del bloque usando un procedimiento de escaneo predeterminado y codificando una secuencia de combinaciones (valores RL) del valor R que indica el número de coeficientes cero consecutivos y el valor de coeficiente L posterior al mismo.

30

La fig. 9 es un diagrama de bloques que muestra detalladamente una estructura funcional de la unidad de descodificación de longitud variable 510.

35

Como se muestra en la fig. 9, la unidad de descodificación de longitud variable 510 incluye una unidad de conversión de códigos 511, una unidad de almacenamiento de tablas 512, una unidad de reordenación 513 y una unidad de generación de coeficientes 514.

La unidad de almacenamiento de tablas 512 se construye del mismo modo que la unidad de almacenamiento de tablas 144 y almacena previamente una pluralidad de tipos de tablas (tablas VLC en la fig. 6) que correlacionan los números de código con los códigos de longitud variable y la tabla (una tabla de códigos, véase referencia a la fig. 5) que correlaciona los valores RL con los números de código asignados a los mismos.

La unidad de conversión de códigos 511 convierte el código de longitud variable en números de código para el flujo de bits introducido usando las tablas (pluralidad de tablas VLC) almacenadas en la unidad de almacenamiento de tablas 512. La conversión de los códigos de longitud variable en números de código se lleva a cabo usando una pluralidad de tablas VLC. Las tablas VLC se almacenan en la unidad de almacenamiento de tablas 512 y los códigos de longitud variable se convierten en los números de código consultando la unidad de almacenamiento de tablas 512.

50

Se explica un ejemplo de la tabla VLC en referencia a la fig. 6. Aquí se almacenan dos tipos de tablas VLC. Se asigna un código más corto a un número de código más pequeño en la tabla VLC 1 mientras que se asigna un código más corto a un número de código más grande en la tabla VLC 2. Suponemos que aquí un código de una parte de cabecera del flujo de bits introducido es "01100100000100100011100010011". La tabla VLC 1 se usa para el primer código de longitud variable. Cuando se consulta la tabla VLC 1 de la fig. 6, el código de longitud variable "011" corresponde al flujo de bits introducido, por lo tanto, en este caso el número de código es "2".

55

La unidad de conversión de códigos 511 convierte entonces el número de código obtenido en un valor RL. En este caso, se usa una tabla de códigos predeterminada. La tabla de códigos se almacena en la unidad de almacenamiento de

tablas 512, y el número de código se convierte en un valor RL en referencia a la unidad de almacenamiento de tablas 512. En la fig. 5 se muestra un ejemplo de la tabla de códigos. El número de código es, en este caso, "2", por lo tanto, el valor RL es (0, -1).

5 Igualmente, al transcurrir secuencialmente la conversión de los códigos de longitud variable en los números de código, uno por uno, usando la tabla VLC 1, el código de longitud variable "00100" se convierte en el número de código "3", el código de longitud variable "0001001" en el número de código "8" y el código de longitud variable "0001110" en el número de código "13" respectivamente, y los números de código respectivos se convierten a su vez en los valores RL (1, 1), (0, -2) y (0, 3).

10

Aquí, cuando el valor absoluto de L del valor RL obtenido supera el valor umbral, la unidad de conversión de códigos 511 usa la tabla VLC 2 para la conversión de los siguientes códigos de longitud variable. Suponemos que el valor umbral del valor absoluto de L es "2", el valor absoluto de L sobrepasa el valor umbral en el cuarto valor RL (0, 3). Por lo tanto, para los siguientes valores RL, la conversión se efectúa usando la tabla VLC 2. Por consiguiente, el siguiente código de longitud variable "0010011" se convierte en el número de código "15" y se convierte a su vez en el valor RL (0, 4).

15

Aunque el valor absoluto de L del valor RL obtenido en la posterior descodificación vuelve a bajar del valor umbral, el cambio a la tabla VLC 1 no se efectúa, y se usa la tabla VLC 2 para la conversión. Así, cuando se generan los valores RL equivalentes a un único bloque (se detecta un EOB), se introducen en la unidad de reordenación 513. Aquí se supone que se genera la secuencia RL que se muestra en la fig. 10A.

20

La unidad de reordenación 513 ordena en orden inverso la secuencia RL introducida. No obstante, el EOB no se reordenará. La fig. 10B muestra el estado tras la reordenación. La secuencia RL reordenada de este modo se introduce en la unidad de generación de coeficientes 514.

25

La unidad de generación de coeficientes 514 convierte en coeficientes la secuencia RL introducida y bidimensionaliza un bloque de coeficientes usando un procedimiento de escaneo predeterminado. Cuando la secuencia RL se convierte en los coeficientes, se genera un coeficiente "0" para el número indicado por R basándose en el orden de escaneo predeterminado, y luego se genera el coeficiente indicado por L. Aquí, suponiendo que los coeficientes se escanean en zigzag partiendo desde el dominio de baja frecuencia hacia el dominio de alta frecuencia, la secuencia RL que se muestra en la fig. 10B se convierte en el bloque de coeficientes que se muestra en la fig. 11. El bloque de coeficientes generado se introduce en la unidad de cuantización inversa 520.

30

La unidad de cuantización inversa 520 realiza el procesamiento de la cuantización inversa en el bloque de coeficientes introducido. La cuantización inversa se refiere aquí a integrar un valor de cuantización predeterminado a cada coeficiente del bloque de coeficientes. El valor aquí cuantizado depende normalmente de un bloque o una banda de frecuencias que usa un valor obtenido del flujo de bits o bien un valor predeterminado. El bloque de coeficientes cuantizado por cuantización inversa se introduce en la unidad de transformación de frecuencia inversa 530.

35

La unidad de transformación de frecuencia inversa 530 realiza la transformación de frecuencia inversa en otros bloques de coeficientes cuantizados mediante cuantización inversa a fin de convertirlos en bloques de píxeles. Los bloques de píxeles convertidos se introducen en la memoria de imagen 540.

40

Los bloques de píxeles descodificados se almacenan uno por uno en la memoria de imagen 540, y enviados como una imagen de salida después de que se almacenen los bloques de píxeles equivalentes a una única imagen.

45

Así, el procedimiento de descodificación de longitud variable de acuerdo con la presente invención descodifica un flujo de bits de entrada en primer lugar usando la primera tabla VLC y genera una secuencia de valores RL que consisten en una combinación de R, que indica el número de coeficientes cero consecutivos, y L, que indica un coeficiente distinto de cero posterior al mismo. Después, cuando el valor absoluto de L supera el valor umbral, se usa la segunda tabla VLC para descodificar los siguientes códigos de longitud variable. Después, el valor RL se convierte en un coeficiente basándose en un procedimiento predeterminado de escaneo del bloque tras poner los valores RL en orden inverso.

50

Con el anterior procesamiento, resulta posible descodificar correctamente el flujo de bits que se codifica usando el procedimiento de codificación de longitud variable de acuerdo con la presente invención mediante el uso del procedimiento de descodificación de longitud variable de la presente invención.

55

En la segunda forma de realización se explica el caso de la descodificación del flujo de bits generado usando una codificación intraimagen; no obstante, se pueden obtener los mismos efectos en el caso de descodificar el flujo de bits

generado realizando una codificación interimagen en una imagen en movimiento de entrada, con el uso de compensación de movimiento y otros tratamientos, empleando el procedimiento de acuerdo con la presente forma de realización.

- 5 La segunda forma de realización describe el caso en el que la imagen de entrada se divide en bloques, cada uno de los cuales posee un tamaño de 4 (horizontal) x 4 (vertical) píxeles, y se codifica; no obstante, se puede dar un tamaño diferente para el tamaño del bloque.

- Además, la segunda forma de realización describe un procedimiento de escaneo de un bloque en referencia a la fig. 11; no obstante se puede usar un orden de escaneo diferente siempre que sea el mismo que se haya usado para la codificación.

En la segunda forma de realización se explica el ejemplo de la tabla de códigos en referencia a la fig. 11; no obstante, se puede usar una tabla de códigos diferente siempre que sea la misma que se haya usado para la codificación.

- 15 Además, se explica un ejemplo de la tabla VLC en referencia a la fig. 6; no obstante, se puede usar una tabla diferente siempre que sea la misma que se haya usado para la codificación. En la presente forma de realización se describe el caso del uso de dos tablas VLC; no obstante, se pueden usar tres tablas VLC con el uso de una pluralidad de valores umbral, y la tabla VLC puede cambiarse cada vez que se supere un valor umbral. No obstante, la estructura de la tabla VLC y el valor umbral serán los mismos que los usados para la codificación.

La segunda forma de realización también describe el caso del cambio de tabla VLC cuando el valor absoluto de L ha superado el valor umbral; no obstante, se pueden obtener los mismos efectos en el cambio de tabla VLC cuando el número de código ha superado el valor umbral.

- 25 En la segunda forma de realización se describe el caso de la descodificación del flujo de bits codificado con el EOB añadido al final de la secuencia RL; no obstante, el flujo de bits que está codificado con el número de valores RL añadidos a la cabecera de la secuencia RL puede descodificarse. Las figs. 12A y 12B muestran el número de valores RL y la secuencia RL obtenidos del procesamiento de la descodificación, correspondientes a las figs. 10A y 10B para este caso. En este caso, en la tabla de códigos que se muestra en la fig. 5, la asignación del número de código al EOB resulta innecesaria.

El procedimiento de codificación de longitud variable de acuerdo con la presente invención realiza el escaneo en los coeficientes de frecuencia del bloque partiendo desde el dominio de baja frecuencia hacia el dominio de alta frecuencia y los unidimensionaliza. Después, se genera para los coeficientes unidimensionalizados una secuencia de valores RL, cada uno de los cuales es una combinación de R, el número de coeficientes cero consecutivos, y L, el coeficiente distinto de cero posterior al mismo. Los valores RL se convierten después en códigos de longitud variable en un orden inverso al orden de escaneo. Se prepara una pluralidad de tablas VLC para convertir los valores RL en los códigos de longitud variable. Después, la conversión se realiza en primer lugar usando la primera tabla VLC, y cuando el valor absoluto de L o el número de código superen el valor umbral, se usa la segunda tabla VLC para convertir los siguientes valores RL. En este caso, en la primera tabla VLC, el código de longitud variable se hace más corto a medida que el número de código se hace más pequeño, en comparación con la segunda tabla VLC, y en la segunda tabla VLC, el código de longitud variable se hace más corto a medida que el número de código se hace más grande, en comparación con la primera tabla VLC.

- 45 Normalmente, el valor absoluto de L y el número de código se hacen más grandes en el dominio de baja frecuencia, por lo tanto, el valor absoluto de L se hace más grande cuando los valores RL se convierten en los códigos de longitud variable en un orden inverso al orden en que se generan los valores RL realizando el escaneo partiendo desde el dominio de baja frecuencia hasta el dominio de alta frecuencia. Por lo tanto, la cantidad de código total puede reducirse usando la tabla VLC en la que el código de longitud variable se hace más corto a medida que el número de código se hace más grande, después de que el valor absoluto de L haya superado el valor umbral.

El procedimiento de descodificación de longitud variable de acuerdo con la presente invención descodifica en primer lugar el flujo de bits de entrada usando la primera tabla VLC y genera una secuencia de los valores RL, cada uno de los cuales es una combinación de R, el número de coeficientes cero consecutivos, y L, el coeficiente distinto de cero que le sigue. Cuando el valor absoluto de L o el número de código superan el valor umbral, se usa la segunda tabla VLC para descodificar los siguientes códigos de longitud variable. Después, los valores RL se convierten en los coeficientes basándose en el orden predeterminado de escaneo del bloque tras poner los valores RL en orden inverso.

55

Con el anterior procesamiento, resulta posible, mediante el uso del procedimiento de descodificación de longitud variable de acuerdo con la presente invención, descodificar correctamente el flujo de bits que se codifica usando el procedimiento de codificación de longitud variable de acuerdo con la presente invención.

5 (Tercera forma de realización)

A continuación se describe un aparato de codificación de acuerdo con la tercera forma de realización, en referencia a los diagramas.

10 La fig. 13 es un diagrama de bloques que muestra una estructura del aparato de codificación 100b de acuerdo con la tercera forma de realización de la presente invención.

Este aparato de codificación de imágenes 100b, que realiza una codificación intraimagen en una imagen de entrada (datos de imagen) con una eficiencia de codificación mejorada, está compuesto por una unidad de conversión de bloques 101, una unidad de transformación de frecuencia 102, una unidad de cuantización 103 y una unidad de codificación de longitud variable 150.

La unidad de transformación de bloques 101 divide la imagen de entrada en bloques de píxeles, cada uno de los cuales posee un tamaño de 4 (horizontal) x 4 (vertical) píxeles, y los envía a la unidad de transformación de frecuencia 102.

La unidad de transformación de frecuencia 102 realiza la transformación de frecuencia en cada uno de los bloques de píxeles divididos a fin de generar coeficientes de frecuencia. Después, la unidad de transformación de frecuencia 102 envía los coeficientes de frecuencia generados a la unidad de cuantización 103.

La unidad de cuantización 103 realiza la cuantización en los coeficientes de frecuencia producidos por la unidad de transformación de frecuencia 102. La cuantización se refiere aquí a un procesamiento equivalente a dividir un coeficiente de frecuencia por un valor de cuantización predeterminado. Además, el valor de cuantización varía dependiendo generalmente de un bloque de píxeles y una banda de frecuencia. A continuación, la unidad de cuantización 103 envía los coeficientes de frecuencia cuantizados a la unidad de codificación de longitud variable 150.

La unidad de codificación de longitud variable 150 realiza una codificación de longitud variable en los coeficientes de frecuencia cuantizados por la unidad de cuantización 103.

La fig. 14 es un diagrama de bloques que muestra una estructura interna de la unidad de codificación de longitud variable 150.

Como se muestra en la fig. 14, la unidad de codificación de longitud variable 150 está compuesta por una unidad de generación de secuencias RL 201, una unidad de reordenación 202, una unidad de binarización 203, una unidad de almacenamiento de tablas 204 y una unidad de codificación aritmética 205.

La unidad de generación de secuencias RL 201 convierte los coeficientes de frecuencia cuantizados (abreviados como "coeficientes" en lo sucesivo) producidos por la unidad de cuantización 103 en coeficientes unidimensionalizados, usando un procedimiento de escaneo predeterminado. La unidad de generación de secuencias RL 201 genera después una secuencia (que en lo sucesivo se denominará "secuencia RL") formada por combinaciones de un valor R que indica el número de coeficientes cero consecutivos y un valor de coeficiente L que indica un coeficiente distinto de cero (que en lo sucesivo se denominarán "valores RL"). Se explica un ejemplo de esto haciendo referencia a las figs. 15 y 16.

La fig. 15A muestra un bloque de coeficientes compuesto por una pluralidad de coeficientes producidos por la unidad de cuantización 103. El coeficiente de frecuencia de la parte superior izquierda denota aquí un componente de corriente continua, y los componentes de frecuencia en la dirección horizontal se hacen más grandes hacia la derecha, mientras que los componentes de frecuencia en la dirección vertical se hacen más grandes hacia abajo.

La fig. 15B es un diagrama de explicativo para explicar un procedimiento de escaneo para unidimensionalizar una pluralidad de coeficientes en un bloque de coeficientes. Según indican las flechas en la fig. 15B, la unidad de generación de secuencias RL 201 unidimensionaliza los coeficientes mediante la realización de un escaneo partiendo desde el dominio de baja frecuencia hacia el dominio de alta frecuencia.

La fig. 16A muestra una secuencia RL producida por la unidad de generación de secuencias 201. En la fig. 16A, el primer número indica el número de coeficientes. Generalmente, es más probable que el valor de un coeficiente sea "0" en el

dominio de alta frecuencia. Por lo tanto, mediante la realización del escaneo partiendo desde el dominio de baja frecuencia hacia el dominio de alta frecuencia, es posible reducir la cantidad de información incluida en una secuencia RL (entre ésta, la cantidad de información de los números R). La secuencia RL generada se introduce en la unidad de reordenación 202.

5

La unidad de reordenación 202 ordena en orden inverso la secuencia RL introducida. No obstante, el número de coeficientes no se reordenará.

10 La fig. 16B muestra la secuencia RL reordenada por la unidad de reordenación 202. Realizando la reordenación de este modo, es posible reducir la cantidad de información, tal como se describe anteriormente, y, por consiguiente, unidimensionalizar coeficientes aplicando un escaneo al bloque de coeficientes desde el dominio de alta frecuencia hacia el dominio de baja frecuencia. Posteriormente, la secuencia RL así ordenada se envía a la unidad de binarización 203.

15 La unidad de binarización 203 efectúa la binarización en el número de coeficientes y cada valor RL, es decir, los convierte en datos binarios compuestos por "0" y "1". Aquí, el valor R y el valor de coeficiente L se binarizan por separado.

20 La fig. 16C muestra únicamente los valores de coeficiente L en la secuencia RL reordenada por la unidad de reordenación 202. Los valores absolutos y los signos de estos valores de coeficiente L se procesan por separado. Además, la unidad de binarización 203 efectúa la binarización en los valores R y los valores absolutos de los valores de coeficiente L, usando una tabla binaria predeterminada, tal como se muestra en la fig. 21, por ejemplo. Después, la unidad binaria 203 envía a la unidad de codificación aritmética 205 los datos binarios resultantes de efectuar la binarización en ellos.

25 La unidad de codificación aritmética 205 realiza una codificación aritmética binaria en los valores de los números R y los valores absolutos de los valores de coeficiente L representados como datos binarios, mientras que al mismo tiempo se codifican los signos de los valores de coeficiente L. Aquí se da una explicación para la codificación aritmética que se realizará en el valor absoluto del valor de coeficiente L. La unidad de codificación aritmética 205 usa una pluralidad de tablas de probabilidades cambiando de una a otra, cuando se realiza la codificación aritmética en el valor absoluto del  
30 valor de coeficiente L representado como datos binarios. La pluralidad de tablas de probabilidades se almacena en la unidad de almacenamiento de tablas 204.

La fig. 17 es un diagrama de transición que muestra un procedimiento de cambio de una tabla de probabilidades a otra.

35 Como se muestra en la fig. 17, la unidad de codificación aritmética 205 usa cuatro tablas de probabilidades, de las cuales se usa la tabla de probabilidades 1 para realizar la codificación aritmética en el valor absoluto del primer valor de coeficiente L. Mientras, para los siguientes valores de coeficiente L, la unidad de codificación aritmética 205 cambia a otra tabla de probabilidades para hacer uso de la misma, dependiendo del número de tabla de la tabla de probabilidades usada para la codificación del valor absoluto del valor de coeficiente L previo, así como del valor absoluto. Aquí hay  
40 cuatro tablas de probabilidades, que son la tabla de probabilidades 1, la tabla de probabilidades 2, la tabla de probabilidades 3, y la tabla de probabilidades 4; y el número de tabla de la tabla de probabilidades 2 es "2", el número de tabla de la tabla de probabilidades 3 es "3", y el número de tabla de la tabla de probabilidades 4 es "4".

Más concretamente, la tabla de probabilidades 2 se usa cuando se cumple una de las siguientes condiciones: cuando se  
45 usa la tabla de probabilidades 1 para codificar el valor absoluto del valor de coeficiente L previo y su valor absoluto es "1"; y cuando se usa la tabla de probabilidades 2 para codificar el valor absoluto del valor de coeficiente L previo y su valor absoluto es "1". Mientras, la tabla de probabilidades 3 se usa cuando se cumple una de las siguientes condiciones: cuando se usa la tabla de probabilidades 1 para codificar el valor absoluto del valor de coeficiente L previo y su valor absoluto es "2"; y cuando se usa la tabla de probabilidades 2 para codificar el valor absoluto del valor de coeficiente L  
50 previo y su valor absoluto es "2"; y cuando se usa la tabla de probabilidades 3 para codificar el valor absoluto del valor de coeficiente L previo y su valor absoluto es "2 o menos". Y la tabla de probabilidades 4 se usa cuando se cumple una de las siguientes condiciones: cuando el valor absoluto del valor de coeficiente L previo es "3"; y cuando se usa la tabla de probabilidades 4 para codificar el valor absoluto del valor de coeficiente L previo.

55 Tal como se describe anteriormente, se cambia de una tabla de probabilidades a otra en una dirección, es decir, de una tabla de probabilidades con un número de tabla menor a una tabla de probabilidades con un número de tabla mayor. Por consiguiente, aunque el valor absoluto del valor de coeficiente L previo sea igual o menor que un valor umbral predeterminado, no se invertirá la dirección del cambio de tablas de probabilidades. Este el rasgo que distingue la presente invención de la técnica existente.

La fig. 18 es un diagrama de visualización del contenido de las tablas de probabilidades que muestra el contenido de las cuatro tablas de probabilidades 1 a 4 mencionadas anteriormente.

- 5 Como se muestra en la fig. 18, cada una de las cuatro tablas de probabilidades 1 a 4 está compuesta por la probabilidad de que aparezca el "0" y la probabilidad de que aparezca el "1".

Por ejemplo, la tabla de probabilidades 1 está compuesta por la probabilidad "0,1" de que aparezca el "0" y la probabilidad "0,9" con que aparece el "1", y la tabla de probabilidades 2 está compuesta por la probabilidad "0,2" de que  
10 aparezca el "0" y la probabilidad "0,8" de que aparezca el "1".

Para explicarlo de otro modo, cuando el valor absoluto del valor de coeficiente L es "2", el resultado de binarizar el "2" es "01", y por lo tanto, cuando se usa la tabla de probabilidades 1 para realizar la codificación aritmética en el "01", la unidad de codificación aritmética 205 realiza la codificación aritmética en el "01" usando la probabilidad "0,1" correspondiente a  
15 "0" en tal "01" y la probabilidad "0,9" correspondiente a "1" en tal "01".

Debido a que la suma de la probabilidad de que aparezca el "0" y la probabilidad de aparezca el "1" es 1,0, no es necesario aquí mantener estas dos probabilidades, y por lo tanto sólo se puede conservar una de estas probabilidades.

- 20 A continuación se explica un ejemplo de cambio de tabla de probabilidades en un caso en el que la codificación se efectúa en los valores absolutos (binarizados) de los valores de coeficiente L que se muestran en la fig. 16C.

La unidad de codificación aritmética 205 usa la tabla de probabilidades 1 para el valor absoluto del primer valor de coeficiente L (-2). Debido a que el valor absoluto de tal valor de coeficiente L es 2, aquí la unidad de codificación  
25 aritmética 205 cambia de la tabla de probabilidades 1 a la tabla de probabilidades 3 para hacer uso de la misma. Por consiguiente, la unidad de codificación aritmética 205 usa la tabla de probabilidades 3 para realizar la codificación aritmética en el valor absoluto del segundo valor de coeficiente L (3). Debido a que el valor absoluto de tal valor de coeficiente L es "3", aquí la unidad de codificación aritmética 205 cambia de la tabla de probabilidades 3 a la tabla de probabilidades 4 para hacer uso de la misma. Por consiguiente, la unidad de codificación aritmética 205 usa la tabla de  
30 probabilidades 4 para realizar la codificación aritmética en el valor absoluto del tercer valor de coeficiente L (6). Debido a que se ha cambiado de la tabla de probabilidades que se va a usar a la tabla de probabilidades 4, aquí la unidad de codificación aritmética 205 usa la tabla de probabilidades 4 para realizar la codificación aritmética en los valores absolutos de todos los valores de coeficiente L posteriores. Por ejemplo, el valor absoluto del quinto valor de coeficiente L es "2", pero a diferencia de la técnica existente, la unidad de codificación aritmética 205 usa la tabla de probabilidades 4  
35 cuando realiza la codificación aritmética en el valor absoluto del sexto valor de coeficiente L y de ahí en adelante, sin cambiar a otra tabla de probabilidades.

Además, ya que cada una de las tablas de probabilidades se actualiza a medida que se necesite dependiendo de si una entrada es "0" o "1", tales tablas de probabilidades se actualizan para adaptarse a la entrada.  
40

Tal como se describe anteriormente, en el procedimiento de coeficiente de longitud variable empleado por la unidad de codificación de longitud variable 150 en el aparato de codificación de imagen 100b de acuerdo con la presente invención, se realiza la unidimensionalización en los coeficientes de un bloque de coeficientes escaneándolos partiendo desde el dominio de baja frecuencia hacia el dominio de alta frecuencia. Después genera una secuencia de valores RL (secuencia  
45 RL) compuestos por una combinación de un número R que indica los valores de coeficiente cero consecutivos y un valor de coeficiente L distinto de cero posterior al mismo. Tales valores RL se convierten después en códigos de longitud variable en un orden opuesto al que se ha aplicado en el escaneo. Cuando los valores RL se convierten en códigos de longitud variable, los números R, los valores absolutos de los valores de coeficiente L y los signos de los valores de coeficiente L se convierten por separado. Cuando se convierten, la binarización se efectúa en primer lugar, seguida de la  
50 codificación aritmética. A fin de efectuar la codificación aritmética en los valores absolutos de los valores de coeficiente L, se cambia entre una pluralidad de tablas de probabilidades. Cuando se cambia de una tabla de probabilidades a otra tabla de probabilidades, la tabla de probabilidades que se va a usar para codificar el valor absoluto del siguiente valor de coeficiente L se determina dependiendo del número de tabla de la tabla de probabilidades actual y el valor absoluto del valor de coeficiente L actual. Las tablas de probabilidades sólo se cambiarán en una dirección, y una vez que el valor  
55 absoluto de un valor de coeficiente L supera un valor predeterminado, se usa la misma tabla de probabilidades desde ese momento para realizar la codificación aritmética.

Cuando el escaneo se aplica desde el dominio de alta frecuencia y después al dominio de baja frecuencia, es probable que el valor absoluto del valor de coeficiente L se haga más grande, ya que el valor absoluto del valor de coeficiente L se

hace generalmente más grande hacia el dominio de baja frecuencia. Por lo tanto, una vez que el valor del valor de coeficiente L supera un valor predeterminado, aunque después de eso el valor absoluto de otro valor de coeficiente L resulte más pequeño que el valor predeterminado, es muy posible que sólo el valor absoluto de tal valor de coeficiente sea pequeño. Así, al efectuar la codificación aritmética haciendo uso de la misma tabla de probabilidades, la actualización de una tabla de probabilidades llega a adaptarse más fácilmente a las entradas. Por consiguiente, esto hace posible que la probabilidad de aparición de símbolos ("0" o "1" en datos binarios) en cada tabla de probabilidades esté más sesgado (es decir, la probabilidad de aparición de "0" o "1" se convierte en un valor más próximo a 1,0). La codificación aritmética posee la característica de que cuanto más sesgado estén los valores de probabilidad en una tabla de probabilidades, mayor será la eficiencia de la codificación. Por consiguiente, la eficiencia de la codificación puede mejorarse usando el procedimiento de codificación de longitud variable de acuerdo con la presente invención.

Se ha explicado el aparato de codificación de imagen de acuerdo con la presente invención usando la presente forma de realización, pero la presente invención no se limita a esto.

En la presente forma de realización, por ejemplo, se proporciona una explicación para el caso en el que se codifica una imagen por medio de una codificación intraimagen, pero se pueden obtener los mismos efectos para el caso en el que se codifica una imagen por medio de una codificación interimagen realizando una compensación de movimiento y otros tratamientos en una imagen en movimiento de entrada.

Además, aunque en la presente forma de realización se da una explicación para el caso en el que una imagen de entrada se divide en bloques de píxeles, cada uno de los cuales posee un tamaño de 4 (horizontal) x 4 (vertical) píxeles, se puede dar un tamaño diferente para el bloque de píxeles.

Además, en la presente forma de realización, aunque se usa la fig. 15B para explicar un procedimiento para realizar el escaneo sin un bloque de coeficientes, también se puede emplear otro orden de escaneo siempre que el escaneo se realice desde el dominio de baja frecuencia hacia el dominio de alta frecuencia.

Además, en la presente forma de realización se da una explicación para el caso en el que la unidad de generación de secuencias RL 201 convierte los coeficientes de frecuencia cuantizados en coeficientes unidimensionalizados usando un procedimiento de escaneo predeterminado, y genera una secuencia (secuencia RL) compuesta por combinaciones de R, que indica el número de valores de coeficiente cero consecutivos, y L, que indica un valor de coeficiente distinto de cero posterior a aquel, pero se puede generar aparte una secuencia de los números R y una secuencia de los valores de coeficiente L. Cuando se genera una secuencia de valores de coeficiente L, por ejemplo, se puede omitir la unidad de reordenación 202, si tal secuencia se genera realizando el escaneo partiendo desde el dominio de alta frecuencia hacia el dominio de baja frecuencia y seleccionando los coeficientes cuyos valores indican que son distintos de cero.

Además, en la presente forma de realización se da una explicación para el caso en el que se cambia de una tabla de probabilidades a otra de acuerdo con la tabla de transición que se ilustra en la fig. 17, pero se pueden dar diferentes valores para el número de tablas de probabilidades y para valores umbral para el valor absoluto del valor de coeficiente L cuando se cambia de una tabla de probabilidades a otra tal como se ilustra en la fig. 17.

Además, la fig. 21 se presenta como un ejemplo de tabla binaria, pero se puede emplear otra tabla.

Además, en la presente forma de realización, se da una explicación para el caso en el que la unidad de codificación aritmética realiza una codificación aritmética binaria; no obstante, se puede realizar una codificación aritmética multivalor. En tal caso, es posible omitir la unidad de binarización 203.

(Cuarta forma de realización)

A continuación se explica un aparato de descodificación de imagen de acuerdo con la cuarta forma de realización de la presente invención, haciendo referencia a los diagramas.

La fig. 19 es un diagrama de bloques que muestra una estructura de un aparato de descodificación 500b de acuerdo con la cuarta forma de realización de la presente invención.

Este aparato de descodificación 500b realiza una descodificación intraimagen en el flujo de bits resultante de realizar una codificación intraimagen en unos datos de imagen, y está compuesto por una unidad de descodificación de longitud variable 601, una unidad de cuantización inversa 602, una unidad de transformación de frecuencia inversa 603, y una unidad de memoria 604. El flujo de bits que se va a introducir aquí se genera usando el procedimiento de codificación de

longitud variable empleado por el aparato de codificación 100b de acuerdo con la tercera forma de realización, y se obtiene en primer lugar mediante la unidad de descodificación de longitud variable 601.

Al recibir el flujo de bits, la unidad de descodificación de longitud variable 601 genera un bloque de coeficientes compuesto por una pluralidad de coeficientes, tal como se muestra en la fig. 15A, realizando una descodificación de longitud variable en tal flujo de bits.

La unidad de cuantización inversa 602, que recibe el bloque de coeficientes procedente de la unidad de descodificación de longitud variable 601, realiza una cuantización inversa en tal bloque de coeficientes. Cuantización inversa significa aquí integrar un valor de cuantización predeterminado en tal bloque de coeficientes. Generalmente, un valor de cuantización varía según un bloque de coeficientes o una banda de frecuencia, y se obtiene a partir de un flujo de bits. Después, la unidad de cuantización inversa 602 envía el bloque de coeficientes cuantizados por cuantización inversa hacia la unidad de transformación de frecuencia inversa 603.

La unidad de transformación de frecuencia inversa 603 realiza una transformación de frecuencia inversa en el bloque de coeficientes cuantizados por cuantización inversa, y después convierte el bloque de coeficientes en un bloque de píxeles. Después, la unidad de transformación de frecuencia inversa 603 envía a la memoria de imagen 604 el bloque de píxeles convertido.

La memoria de imagen 604 almacena los bloques de píxeles descodificados en secuencia, y cuando se almacenan los bloques de píxeles equivalentes a una imagen, envía estos bloques de píxeles como imagen de salida.

Aquí se da una explicación detallada para la unidad de descodificación de longitud variable 601 descrita anteriormente.

La fig. 20 es un diagrama de bloques que muestra una estructura interna de la unidad de descodificación de longitud variable 601.

Como se muestra en la fig. 20, la unidad de descodificación de longitud variable 601 está compuesta por una unidad de descodificación aritmética 701, una unidad de conversión multivalor 702, una unidad de almacenamiento de tablas 703, una unidad de reordenación 704, y una unidad de generación de coeficientes 705.

La unidad de almacenamiento de tablas 703 almacena, por ejemplo, cuatro tablas de probabilidades 1 a 4, tal como se muestra en la fig. 18.

Al recibir el flujo de bits, la unidad de descodificación aritmética 701 realiza en primer lugar una descodificación aritmética en el flujo de bits. Aquí se da una explicación para la descodificación aritmética binaria que se realiza en los valores absolutos (binarizados) de valores de coeficiente L incluidos en el flujo de bits.

Cuando se realiza la descodificación aritmética en el valor absoluto del valor de coeficiente L codificado, la unidad de descodificación aritmética 701 obtiene de la unidad de conversión multivalor 702 el valor absoluto del valor de coeficiente L previo que ya se ha descodificado y convertido en un multivalor. Después, la unidad de descodificación aritmética 701 cambia entre las tablas de probabilidades 1 a 4 almacenadas por la unidad de almacenamiento de tablas 703 del modo que se muestra en la fig. 17, dependiendo del valor absoluto de tal valor de coeficiente L, y realiza la descodificación aritmética binaria en el valor absoluto de cada uno de los valores de coeficiente L codificados a fin de producir datos binarios correspondientes a cada uno de ellos.

La unidad de conversión multivalor 702 convierte los datos binarios producidos por la unidad de descodificación aritmética 701 en multivalores, usando, por ejemplo, una tabla binaria tal como se muestra en la fig. 21, a fin de representarlos como los valores absolutos de los valores de coeficiente L. Después, la unidad de conversión multivalor 702 envía los valores absolutos de tales valores de coeficiente L a la unidad de descodificación aritmética 701 y la unidad de reordenación 704.

Se da una explicación para el funcionamiento detallado de la unidad de descodificación aritmética 701 y la unidad de conversión multivalor 702.

En primer lugar, la unidad de descodificación aritmética 701 usa la tabla de probabilidades 1 para realizar una descodificación aritmética en el valor absoluto del primer valor de coeficiente L codificado. Después, la unidad de descodificación aritmética 701 envía a la unidad de conversión multivalor 702 los datos binarios obtenidos al realizar la descodificación aritmética. La unidad de conversión multivalor 702 usa la tabla binaria a fin de convertir los datos binarios

en el valor absoluto del valor de coeficiente L, y envía el valor absoluto a la unidad de descodificación aritmética 701 y la unidad de reordenación 704.

- Después, para los valores absolutos de los siguientes valores de coeficiente L codificados, la unidad de descodificación aritmética 701 cambia a otra tabla de probabilidades para hacer uso de ella, dependiendo del número de tabla de la tabla de probabilidades usada cuando el valor absoluto del anterior valor de coeficiente L codificado se descodifica mediante una descodificación aritmética binaria, así como del valor absoluto de tal valor de coeficiente L anterior obtenido de la unidad de conversión multivalor 702. Como se muestra en la fig. 17, la tabla de probabilidades 2 se usa cuando se cumple una de las siguientes condiciones: cuando se usa la tabla de probabilidades 1 para realizar una descodificación aritmética en el valor absoluto del anterior valor de coeficiente L codificado y el valor absoluto del anterior valor de coeficiente L obtenido de la unidad de conversión multivalor 702 indica "1"; y cuando se usa la tabla de probabilidades 2 para realizar una descodificación aritmética en el valor absoluto del anterior valor de coeficiente L codificado obtenido de la unidad de conversión multivalor 702 indica "1". La tabla de probabilidades 3 se usa cuando se cumple una de las siguientes condiciones: cuando se usa la tabla de probabilidades 1 para realizar una descodificación aritmética en el valor absoluto del anterior valor de coeficiente L codificado y el valor absoluto del anterior valor de coeficiente L obtenido de la unidad de conversión multivalor 702 indica "2"; cuando se usa la tabla de probabilidades 2 para realizar una descodificación aritmética en el valor absoluto del anterior valor de coeficiente L codificado obtenido de la unidad de conversión multivalor 702 indica "2"; y cuando se usa la tabla de probabilidades 3 para realizar una descodificación aritmética en el valor absoluto del anterior valor de coeficiente L codificado obtenido de la unidad de conversión multivalor 702 indica "2 o menos". Y la tabla de probabilidades 4 se usa cuando se cumple una de las siguientes condiciones: cuando el valor absoluto del anterior valor de coeficiente L obtenido de la unidad de conversión multivalor 702 indica "3 o un valor mayor"; y cuando se usa la tabla de probabilidades 4 para realizar una descodificación aritmética en el valor absoluto del anterior valor de coeficiente L codificado. Como se muestra anteriormente, las tablas de probabilidades 1 a 4 se cambian en una dirección, es decir, de una tabla de probabilidades con un número de tabla más pequeño a una tabla de probabilidades con un número de tabla más grande. Por consiguiente, aunque el valor absoluto del anterior valor de coeficiente L obtenido de la unidad de conversión multivalor 702 sea igual o menor que un valor umbral predeterminado, no se cambiará de una tabla de probabilidades a otra en la dirección opuesta. Este es el rasgo que distingue la presente invención de la técnica existente.
- 30 A continuación se explica un ejemplo de cambio entre las tablas de probabilidades, en un caso en el que se realiza una descodificación en los valores absolutos de valores de coeficiente L que se muestran en la fig. 16C.

- La unidad de descodificación aritmética 701 usa la tabla de probabilidades 1 para realizar una descodificación aritmética en el valor absoluto del primer valor de coeficiente L codificado (-2) a fin de descodificarlo para obtener los datos binarios "01". Debido a que, a partir de la unidad de conversión multivalor 702, la unidad de descodificación aritmética 701 obtiene "2", que es un multivalor convertido desde tales datos binarios "01", cambia de la tabla de probabilidades 1 a la tabla de probabilidades 3, para hacer uso de la misma. Por consiguiente, la unidad de descodificación aritmética 701 usa la tabla de probabilidades 3 para realizar una descodificación aritmética en el valor absoluto del segundo valor de coeficiente L codificado (3) a fin de descodificarlo para obtener los datos binarios "001". Debido a que, de la unidad de conversión multivalor 702, la unidad de descodificación aritmética 701 obtiene aquí "3", que es un multivalor convertido desde tales datos binarios "001", se cambia de la tabla de probabilidades 3 a la tabla de probabilidades 4 para hacer uso de la misma. Por consiguiente, la unidad de descodificación aritmética 701 usa la tabla de probabilidades 4 para realizar una descodificación aritmética en el valor absoluto del tercer valor de coeficiente L codificado (6) a fin de descodificarlo para obtener los datos binarios "00001". Debido a que la tabla de probabilidades que se va a usar se cambia a la tabla de probabilidades 4, la unidad de descodificación aritmética 701 usa aquí la tabla de probabilidades 4 para realizar una descodificación aritmética en los valores absolutos de todos los valores de coeficiente L posteriores. Por ejemplo, el valor absoluto del quinto valor de coeficiente L codificado se descodifica y se convierte en un multivalor "2", pero a diferencia de la técnica anterior, la unidad de descodificación aritmética 701 usa la tabla de probabilidades 4 para realizar la descodificación aritmética en el valor absoluto del sexto valor de coeficiente L codificado y siguientes, sin cambiar a otra tabla de probabilidades.

- A través de la anterior operación, cuando se generan los valores absolutos de los valores de coeficiente L, los números R y los signos de los valores de coeficiente L equivalentes a un bloque de coeficientes, se introducen en la unidad de reordenación 704 como una secuencia RL.

- 55 La unidad de reordenación 704 ordena en orden inverso tal secuencia RL introducida. No obstante, el número de coeficientes no se reordenará. La fig. 16A ilustra una secuencia RL reordenada. Posteriormente, la unidad de reordenación 704 envía a la unidad de generación de coeficientes 705 la secuencia RL reordenada de este modo.

La unidad de generación de coeficientes 705 convierte en un bloque de coeficientes la secuencia RL introducida. Al hacerlo, la unidad de generación de coeficientes 705 realiza una conversión desde la secuencia RL a un bloque de coeficientes llevando a cabo repetidamente la siguiente operación: generación de coeficientes cero para el número indicado por un número R y después generación de un coeficiente con un valor indicado por un valor de coeficiente L. La

5 unidad de generación de coeficientes 705 realiza aquí un escaneo en zigzag partiendo desde el dominio de baja frecuencia hasta el dominio de alta frecuencia, tal como se muestra en la fig. 15B, a fin de convertir la secuencia RL que se muestra en la fig. 16A en el bloque de coeficientes que se muestra en la fig. 15A. Después, la unidad de generación de coeficientes 705 envía a la unidad de cuantización inversa 602 el bloque de coeficientes generado de este modo.

10 Tal como se describe anteriormente, en el procedimiento de descodificación aritmética empleado por la unidad de descodificación de longitud variable 601 en el aparato de descodificación 500b de acuerdo con la presente invención, se cambia entre una pluralidad de tablas de probabilidades cuando se realiza una descodificación aritmética en los valores absolutos de los valores de coeficiente L incluidos en un flujo de bits de entrada. Cuando se cambia a otra tabla de probabilidades, la tabla de probabilidades que se va a usar para descodificar el valor absoluto del siguiente valor de

15 coeficiente L se determina dependiendo del número de tabla de la tabla de probabilidades actual y del valor absoluto de un valor de coeficiente L obtenido de la descodificación. Sólo se cambia de tabla de probabilidades en una dirección en este caso, y cuando el valor absoluto del valor de coeficiente L obtenido de la descodificación supera un valor predeterminado, se usa la misma tabla de probabilidades para realizar la descodificación aritmética en todos los valores absolutos posteriores.

20 Resulta evidente a partir de lo anterior que el uso del procedimiento de descodificación aritmética de acuerdo con la presente invención hace que sea posible descodificar correctamente un flujo de bits codificados con el uso del procedimiento de codificación de longitud variable de acuerdo con la presente invención.

25 El aparato de descodificación de acuerdo con la presente invención se ha explicado anteriormente usando la presente forma de realización, pero la presente invención no se limita a esto.

En la presente forma de realización, por ejemplo, se proporciona una explicación para el caso en el que se realiza una descodificación en un flujo de bits que se ha generado usando una codificación intraimagen, pero también se pueden

30 obtener los mismos efectos para el caso en el que la descodificación se realiza en un flujo de bits que se haya generado usando una codificación interimagen realizando una compensación de movimiento y otros tratamientos en una imagen en movimiento de entrada.

Además, aunque en la presente forma de realización se da una explicación para el caso en el que los datos de imagen

35 se codifican estando divididos en bloques de píxeles, cada uno de los cuales posee un tamaño de 4 (horizontal) x 4 (vertical) píxeles, se puede dar un tamaño diferente para el bloque de píxeles.

Además, en la presente forma de realización se da una explicación para el caso en el que se usan cuatro tablas de probabilidades y se cambia de una a otra de acuerdo con la tabla de transición ilustrada en la fig. 17, pero se pueden

40 emplear valores diferentes para el número de tablas de probabilidades y valores umbral para los valores absolutos de los valores de coeficiente L cuando de una tabla de probabilidades a otra tal como se ilustra en la fig. 17.

Además, en la presente forma de realización, aunque se usa la fig. 15B para explicar un procedimiento para realizar el escaneo sin un bloque de coeficientes, también se puede emplear otro orden de escaneo siempre que sea el mismo que en el procedimiento de escaneo empleado en el momento de la codificación.

45 Además, se describe un ejemplo de tabla binaria haciendo referencia a la fig. 21, pero se puede emplear otra tabla siempre que sea la misma que la tabla binaria usada en el momento de la codificación.

Además, aunque en la presente forma de realización se da una explicación para el caso en el que la unidad de

50 descodificación aritmética 701 realiza una descodificación aritmética binaria, en lugar de ello se puede realizar una descodificación aritmética multivalor. En tal caso, es posible omitir la unidad de conversión multivalor 702.

Por consiguiente, se describen otras formas de realización de acuerdo con la presente invención haciendo referencia a los diagramas.

55 (Quinta forma de realización)

La fig. 22 es un diagrama de bloques que muestra una estructura funcional de un aparato de codificación 100c al que se aplica el procedimiento de codificación de longitud variable de acuerdo con la presente invención y el procedimiento de

codificación de imágenes en movimiento que hace uso del mismo. En la quinta forma de realización, se describe la estructura funcional para un caso de codificación intraimagen de una imagen de entrada usando el procedimiento de codificación de imagen en movimiento de la presente invención, tal como se ilustra para los aparatos de codificación 100a y 100b descritos en la primera y la tercera formas de realización. Además, cada unidad de las que componen tal aparato de codificación 100c puede obtenerse con una CPU, una ROM para almacenar previamente un programa o datos ejecutados por la CPU y una memoria para proporcionar un área de trabajo para ejecutar el programa, así como para almacenar temporalmente la imagen de entrada, y similares.

Como se muestra en la fig. 22, el aparato de codificación de acuerdo con la quinta forma de realización está compuesto por la unidad de conversión de bloques 110, la unidad de transformación de frecuencia 120, la unidad de cuantización 130 y una unidad de codificación de longitud variable 160.

Aquí, el aparato de codificación 100a de acuerdo con la primera forma de realización está estructurado de forma que los pares de R y L se codifiquen usando una pluralidad de tablas de codificación de longitud variable (tablas VLC) y el aparato de codificación 100b de acuerdo con la tercera forma de realización está estructurado de manera que L y R se codifiquen aritméticamente por separado usando una pluralidad de tablas de probabilidades. No obstante, el aparato de codificación 100c de acuerdo con la quinta forma de realización está estructurado de forma que L y R se codifiquen por separado usando una pluralidad de tablas VLC, lo cual distingue el aparato de codificación 100c de los aparatos de codificación 100a y 100b. Por lo tanto, el aparato de codificación 100c incluye la unidad de codificación de longitud variable 160 en lugar de las unidades de codificación de longitud variable 140 y 150 de los aparatos de codificación 100a y 100b. En cuanto a los otros componentes, las descripciones se abrevian debido a que son las mismas que las descritas para los aparatos de codificación 100a y 100b, y la unidad de codificación de longitud variable 160 se describe detalladamente.

La unidad de codificación de longitud variable 160 genera una secuencia L y una secuencia R basándose en los coeficientes de frecuencia cuantizados mediante la unidad de cuantización 130 y después genera un flujo de bits de valores absolutos de coeficientes  $|L|$ , o similares, usando un procedimiento de cambio de VLC unidimensional.

La fig. 23 es un diagrama de bloques que muestra detalladamente una estructura funcional de la unidad de codificación de longitud variable 160.

Como se muestra en la fig. 23, la unidad de codificación de longitud variable 160 está compuesta por una unidad de generación de secuencias RL 161, una unidad de asignación de códigos 163 y una unidad de almacenamiento de tablas 164.

La unidad de generación de secuencias RL 161 genera la secuencia R y la secuencia L por separado realizando un escaneo en zigzag en los coeficientes de frecuencia cuantizados (denominados simplemente "coeficientes" en lo sucesivo) partiendo desde el dominio de baja frecuencia hacia el dominio de alta frecuencia.

Para ser más precisos, cuando se introducen los coeficientes del bloque que se muestra en la fig. 3A, la unidad de generación de secuencias RL 161 realiza un escaneo en zigzag tal como se muestra en la fig. 3B. Después, la unidad de generación de secuencias RL 161 obtiene en primer lugar para la secuencia L un valor  $m$  que indica el número de valores de coeficiente L distintos de cero, una secuencia de valores absolutos de tales coeficientes  $|L|$  y una secuencia de signos para tales coeficientes, tal como se muestra en la fig. 24A. Esto es debido a que L no depende de R y puede obtenerse independientemente, mientras que R depende de L. Por consiguiente, la unidad de generación de secuencias RL 161 genera una secuencia de R (secuencia R) tal como se muestra en la fig. 24B.

La unidad de almacenamiento de tablas 164 almacena una pluralidad de tablas VLC (por ejemplo, 8) de 1641a a 1641g para realizar una codificación de longitud variable en cada valor absoluto de los coeficientes  $|L|$  de la secuencia, una pluralidad de valores umbral para el valor absoluto del coeficiente  $|L|$ , y una tabla de valores umbral 1642 para cambiar de forma adaptable entre las tablas VLC 1641a a 1641g de acuerdo con el valor absoluto del coeficiente  $|L|$ .

La fig. 25 es un diagrama que muestra ejemplos estructurales para las tablas VLC 1641a a 1641g. Cada una de las tablas VLC 1641a a 1641g relaciona, de hecho, valores absolutos de los coeficientes  $|L|$  y códigos binarios, que se muestran en una única tabla en el diagrama.

Aquí se asigna un número de código más pequeño al valor absoluto del coeficiente  $|L|$  a medida que una frecuencia de aparición del valor absoluto del coeficiente  $|L|$  se hace más grande, y generalmente, cuanto más pequeño es el valor absoluto del coeficiente  $|L|$ , mayor será la frecuencia de aparición. Esto se debe a que el mayor valor del valor absoluto

del coeficiente  $|L|$  se dispersa, tanto en un vídeo como en pantalla, de tal forma que la frecuencia de aparición del mismo valor es baja mientras que el valor más pequeño del valor absoluto del coeficiente  $|L|$ , es decir, un componente de alta frecuencia, tiende en gran medida a indicar "1" y "2", y de ese modo la frecuencia de aparición del mismo valor se hace mayor. Por otra parte, usando únicamente el valor absoluto del coeficiente  $|L|$ , el código binario y la tabla VLC, que están

5 correlacionados entre sí, se obtiene una longitud de código muy larga a medida que el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  se hace más grande. Por lo tanto, las tablas VLC 1641a a 1641g que se van a aplicar dependiendo del valor absoluto del coeficiente  $|L|$  se preparan previamente de tal forma que la longitud del código no se haga más larga aunque el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  se haga más grande.

10 Cada una de las tablas VLC 1641a a 1641g posee una tasa de cambio diferente en la longitud del código para coeficientes: una longitud de código para el valor más pequeño del coeficiente se hace más larga en un orden ascendente de los números  $k$  asignados a cada una de las tablas y una longitud de código para el valor más grande del coeficiente se hace más corta en un orden ascendente del número  $k$ .

15 Para expresarlo de forma más concreta, la tabla VLC 1641a es una tabla en la que una longitud de código es la más corta cuando el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  es pequeño y una longitud de código es la más larga cuando el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  es grande. Es decir, la tabla VLC 1641a, de entre las tablas VLC 1641a a 1641g, es una tabla en la que la tasa de cambio en la longitud del código para valores absolutos de los coeficientes  $|L|$  es la más grande, y resulta apropiada para el caso en el que el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  es pequeño (por ejemplo, "1" a "3").

20 La tabla de longitud variable 1641g es una tabla en la que una longitud de código es la más larga cuando el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  es grande y una longitud de código es la más corta cuando el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  es grande. Concretamente, la tabla VLC 1641g, de entre las tablas VLC 1641a a 1641g, es una tabla en la que la tasa de cambio en la longitud de código para valores absolutos de los coeficientes  $|L|$  es la más pequeña, y resulta adecuada

25 para el caso en el que el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  es grande (por ejemplo, "193").

Las tablas VLC 1641b a 1641f son las tablas en las que la longitud del código se hace más larga gradualmente a medida que el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  se hace más pequeño, y se hace gradualmente más corta a medida que el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  se hace más grande, en un orden ascendente desde 1641b a 1641f. Concretamente, las

30 tablas VLC 1641 b a 1641f son las tablas en las que la tasa de cambio en la longitud del código para valores de los coeficientes  $|L|$  se hace gradualmente más pequeña. La tabla VLC 1641b resulta adecuada para usarla cuando el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  es, por ejemplo, de entre "4" y "6", mientras que la tabla VLC 1641c resulta adecuada para usarla cuando el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  es, por ejemplo, de entre "7" y "12".

35 Así, es posible mejorar la eficiencia de la codificación debido a que el código de longitud variable con la longitud de código basada en el coeficiente puede adaptarse a cada tabla. En otras palabras, es posible acortar la longitud del código de forma notable cambiando entre las tablas dependiendo del coeficiente, de tal forma que el coeficiente pueda codificarse para obtener el código de longitud variable cuya longitud de código es más corta en una tabla que en la otra cuando el coeficiente es grande. Además, puede lograrse la mejora de la eficiencia de la codificación debido a que se

40 puede asignar a cada una de las tablas un intervalo en el que la longitud del código se hace más corta. La codificación no usa una codificación aritmética sino un procedimiento VLC; por lo tanto, resulta innecesario el complicado procesamiento que se exige a la codificación aritmética, y la codificación de longitud variable se realiza fácilmente consultando una tabla una vez que se determina la tabla para la codificación.

45 La fig. 26 es un diagrama que muestra un ejemplo estructural de la tabla de valores umbral 1642.

La tabla de valores umbral 1642 se establece de antemano de acuerdo con las características de las tablas VLC 1641a a 1641g y guarda una pluralidad de valores umbral para usarlos para cambiar entre las tablas VLC 1641a a 1641f. Por ejemplo, los valores umbral se establecen respectivamente del siguiente modo: "4" para el cambio entre las tablas VLC

50 1641a y 1641b, "7" para el cambio entre las tablas VLC 1641b y 1641c,... y "193" para el cambio entre las tablas VLC 1641f y 1641g. Así se puede predecir fácilmente la sincronización para cambiar de una tabla a otra, por lo tanto, es posible cambiar a la tabla óptima de acuerdo con el valor absoluto del coeficiente  $|L|$ .

La unidad de asignación de códigos 163 realiza una codificación de longitud variable en los valores absolutos de los coeficientes  $|L|$  enviados desde la unidad de generación de secuencias RL 161, por separado de la secuencia R, usando las tablas VLC 1641a a 1641g, así como la tabla de valores umbral 1642 almacenada en la unidad de almacenamiento de tablas 164 y después les asigna códigos binarios. Para expresarlo brevemente, la unidad de asignación de códigos

55 163 unidimensionaliza los valores absolutos de los coeficientes  $|L|$ .

A continuación se describe una operación de codificación realizada por el aparato de codificación 100c. Las operaciones realizadas por la unidad de conversión de bloques 110 a la unidad de cuantización 130 se abrevian, ya que son las mismas que las descritas para los aparatos de codificación 100a y 100b, y la codificación de longitud variable realizada por la unidad de codificación de longitud variable 160 se explica detalladamente.

5

Los coeficientes de frecuencia cuantizados mediante la unidad de cuantización 130 se introducen en la unidad de generación de secuencias RL 161 del aparato de codificación de longitud variable 160.

10 La unidad de generación de secuencias RL 161, como en la fig. 3B, unidimensionaliza en primer lugar los coeficientes de frecuencia cuantizados del bloque realizando un escaneo en zigzag en los mismos partiendo desde el dominio de los componentes de corriente continua hacia el de los componentes de alta frecuencia. Después, la unidad de generación de secuencias RL 161 genera por separado una secuencia de valores "L", cada uno de los cuales indica un coeficiente distinto de cero (que se denominará "secuencia L" en lo sucesivo) y una secuencia de valores R, cada uno de los cuales indica el número de coeficientes cero consecutivos (que se denominará "secuencia R" en lo sucesivo). Las figs. 24A y 15 24B muestran ejemplos de la secuencia L y la secuencia R generadas. En cuanto a la secuencia L, ésta puede dividirse en el número de coeficientes m, valores absolutos de los coeficientes |L| y signos de los coeficientes. Por lo que respecta a los signos de los coeficientes, "0" indica que el coeficiente es positivo, mientras que "1" indica que el coeficiente es negativo.

20 Aquí, el coeficiente de la secuencia L se aproxima a "1" escaneando desde el dominio de baja frecuencia hacia el dominio de alta frecuencia, ya que el coeficiente del componente de alta frecuencia tiende generalmente a ser "0".

25 La unidad de asignación de códigos 163 codifica cada valor de L de la secuencia L generada por la unidad de generación de secuencias RL 161 en un orden opuesto al orden usado para escanear en zigzag, es decir, partiendo desde los coeficientes de alta frecuencia. Concretamente, la unidad de asignación de códigos 163 obtiene códigos de Huffman en secuencia (códigos de longitud variable) correspondientes a los valores absolutos de los coeficientes L comenzando desde el final de la secuencia L, usando las tablas VLC 1641a a 1641g.

30 El motivo para codificar el valor L en un orden inverso al orden usado para escanear en zigzag consiste en que los coeficientes distintos de cero en el dominio de alta frecuencia convergen en las proximidades del coeficiente "1", y resulta sencillo determinar la primera tabla para la codificación, para generar las tablas VLC 1641a a 1641g y para determinar los valores umbral.

35 La unidad de asignación de códigos 163 asigna los códigos de longitud variable a valores "L" en la secuencia L y valores R en la secuencia R usando diversas tablas almacenadas en la unidad de almacenamiento de tablas 164. La unidad de asignación de códigos 163 asigna también un código de longitud variable al número de coeficientes m, pero aquí se describe el procesamiento de la asignación de los códigos de longitud variable a los valores absolutos de los coeficientes |L|.

40 La fig. 27 es un diagrama de flujo que muestra el procesamiento de la asignación de códigos de longitud variable efectuado por la unidad de asignación de códigos 163.

45 La unidad de asignación de códigos 163 establece el número de coeficientes m enviados desde la unidad de generación de secuencias RL 161 como un comienzo para la codificación de los coeficientes (valores absolutos de los coeficientes |L|) del bloque (S101). Después, la unidad de asignación de códigos 163 establece "0" para el número de tabla k como valor inicial de la tabla VLC que se usará como referencia (S102), consulta la tabla de valores umbral 1642 y establece un valor umbral igual a "4" (S103).

50 Cuando termina la configuración del número de coeficientes m, la tabla VLC de referencia (tabla VLC 1641a en este caso) y el valor umbral, la unidad de asignación de códigos 163 lee el valor absoluto del coeficiente |L|, que sale de la unidad de generación de secuencias RL 161, comenzando desde el último (S104) y codifica el valor absoluto de la lectura del coeficiente |L| para obtener un código de longitud variable usando la tabla VLC con el número establecido de antemano (S105). Después, cuando finaliza la codificación, la unidad de asignación de códigos 163 almacena el código binario obtenido mediante la codificación en una memoria temporal (por ejemplo, memoria temporal FILO) que no se muestra en el diagrama (S106), resta "1" al número de coeficientes m (S107) y juzga si el número m reducido indica "0" o 55 no, es decir, si todos los coeficientes incluidos en la secuencia L se codifican o no (S108).

Cuando el número de coeficientes m no indica "0" ("No" en S108), se juzga si el valor absoluto del coeficiente inmediatamente anterior ha superado o no el valor umbral (S109). Cuando no supera el valor umbral ("No" en S109), la unidad de asignación de códigos 163 lee el valor absoluto del siguiente coeficiente |L|, comenzando desde el último

(S104), y ejecuta las etapas S105 a S108, o similares. Concretamente, la unidad de asignación de códigos 163 codifica el valor absoluto del siguiente coeficiente usando la misma tabla VLC que se usa para el coeficiente anterior.

5 Cuando el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  inmediatamente anterior ha superado el valor umbral ("No" en S109), la unidad de asignación de códigos 163 incrementa en "1" el número de tabla  $k$  (S110). Así, en la codificación del valor absoluto del siguiente coeficiente  $|L|$ , se consulta la tabla VLC con una baja tasa de cambio en la longitud del código, que se puede aplicar a la codificación del valor absoluto del coeficiente  $|L|$  cuya longitud de código sea larga (por ejemplo, se consulta la tabla VLC 1641b con  $k=1$  cuando la tabla VLC anterior es 1641a con  $k=0$ ).

10 Cuando termina el incremento para el número de tabla  $k$ , la unidad de asignación de códigos 163 consulta la tabla de valores umbral 1642 y la actualiza con el siguiente valor umbral (por ejemplo "7" cuando el anterior valor umbral es "4") (S111). Así, se puede cambiar de tabla a la siguiente tabla VLC con una baja tasa de cambio en la longitud del código, que se puede aplicar a la codificación del valor absoluto del coeficiente  $|L|$  cuya longitud de código sea larga, sólo cuando el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  haya superado el nuevo valor umbral.

15 Más exactamente, cuando el valor absoluto del anterior coeficiente  $|L|$  ha superado el valor umbral "4" asignado al cambio entre las tablas VLC 1641a con el número de tabla "0" y 1641b con el número de tabla "1", la referencia se cambia de la tabla VLC 1641a a la tabla VLC 1641b para codificar el valor absoluto del siguiente coeficiente, y se establece el valor umbral "7", tal como se muestra en la fig. 28.

20 Igualmente, cuando el valor absoluto del anterior coeficiente  $|L|$  ha superado el valor umbral "7" a "193" entre la tabla VLC 1641b con el número de tabla "1" y la tabla VLC 1641g con el número de tabla "6", la referencia para codificar el valor absoluto del siguiente coeficiente  $|L|$  se cambia secuencialmente de la tabla VLC 1641b con el número de tabla "1" a la tabla VLC 1641c con el número de tabla "2",... y a la tabla VLC 1641g. Esto se muestra en la fig. 28.

25 Aquí, una dirección de cambio entre las tablas es unidireccional y no vuelve hacia atrás. Así, se puede evitar el cambio frecuente de una tabla a otra dependiendo del coeficiente, y de este modo se puede reducir el número de veces que se cambia de una tabla a otra. Por ejemplo, ya que el área de trabajo en la memoria tiene un espacio limitado, sólo se almacena la tabla que se va a usar. En este caso, se tarda un tiempo en empezar a codificar el siguiente coeficiente ya que se tarda un tiempo en leer la siguiente tabla desde la ROM y en expandirla en el área de trabajo cada vez que se cambia de tabla. Esta forma de cambiar unidireccionalmente entre las tablas resulta eficaz para limitar el número de veces que se cambia entre las tablas y para abreviar el tiempo total necesario para codificar el siguiente coeficiente.

30 Cuando termina el incremento del número de tabla y la actualización del valor umbral como tales, la unidad de asignación de códigos 163 lee el valor absoluto del siguiente coeficiente  $|L|$ , comenzando desde el último (S104) y ejecuta las etapas S105 a S108, o similares. Concretamente, la codificación se realiza usando la tabla VLC adecuada para el caso en el que el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  es mayor que el que le precede.

35 Tal procesamiento se ejecuta repetidamente hasta que el número de coeficientes  $m$  indica "0", momento en el que finaliza la codificación de los valores absolutos de los coeficientes  $|L|$  del bloque actual.

40 Para expresarlo de forma más concreta, cuando la secuencia de los valores absolutos de los coeficientes  $|L|$  del bloque es "1", "1", "2", "3", "4", "12", "2", "3", "31", "22", "5", "9" y "38", comenzando desde el final de la secuencia, la unidad de asignación de códigos 163 los codifica respectivamente para obtener códigos binarios "1", "1", "010", "011", "00100" y  
45 "0001100" en este orden, usando en primer lugar la tabla VLC 1641a. La unidad de asignación de códigos 163 cambia después la tabla para la codificación a la tabla VLC 1641b con el número de tabla  $k=1$ , ya que el valor umbral "4" se supera al codificar el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  que indica "12".

50 Después, la unidad de asignación de códigos 163 codifica respectivamente el valor absoluto del siguiente coeficiente  $|L|$  que indica "2", "3" y "31" para obtener códigos binarios "11", "0100" y "0000100000" con el uso de la tabla VLC 1641b a la cual se ha cambiado la tabla. La unidad de asignación de códigos 163 cambia después de tabla para la codificación a la tabla VLC 1641c con el número de tabla  $k=2$ , ya que el valor umbral "7" se supera al codificar el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  que indica "31".

55 Además, la unidad de asignación de códigos 163 codifica el valor absoluto del siguiente coeficiente para obtener un código binario "0011001" usando la tabla VLC 1641c a la cual se cambia la tabla. La unidad de asignación de códigos 163 cambia después de tabla para la codificación a la tabla VLC 1641d con el número de tabla  $k=3$ , ya que el valor umbral "13" se supera al codificar el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  que indica "22".

Después, la unidad de asignación de códigos 163 codifica respectivamente los valores absolutos de los siguientes coeficientes  $|L|$  que indican "5", "9" y "38" para obtener códigos binarios "1100", "010000" y "00101101" usando la tabla VLC 1641d a la cual se cambia la tabla.

5 Por consiguiente, en la memoria temporal se almacena el código binario "1101001100100000110011010000001000000011001110001000000101101".

El número de coeficientes en la secuencia L, m, los códigos binarios de los valores absolutos de los coeficientes  $|L|$ , los signos de los coeficientes y los códigos binarios de los valores R en la secuencia R, que se codifican, también se  
10 almacenan en la memoria temporal y se transmiten al aparato de decodificación a través de un medio de grabación como un CD, y un medio de transmisión tal como Internet, una difusión por satélite, o similares.

Cuando aquí se supone que los valores absolutos de los coeficientes en la secuencia L, "1", "1", "2", "3", "4", "12", "2", "3", "31", "22", "5", "9" y "38" se codifican usando únicamente la tabla VLC 1641a, los códigos binarios son "1", "1", "010",  
15 "011", "00100", "0001100", "010", "011", "010", "011", "000011111", "000010110", "00101", "001001" y "00000100110", cuya longitud de código equivale a 64 bits.

A diferencia de esto, usando el procedimiento de codificación de acuerdo con la quinta forma de realización, es posible mejorar la eficiencia de la codificación aunque el valor más grande del valor absoluto del coeficiente  $|L|$  del bloque sea  
20 relativamente pequeño y el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  no aumente gradualmente, ya que la longitud del código equivale a 61 bits. Esto se debe en gran medida al hecho de que cuando el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  indica, por ejemplo, "22" y "38", se requieren 9 bits para "000010110" y 11 bits para "00000100110" usando únicamente la tabla VLC 1641a para la codificación, mientras que sólo se requieren 7 bits para "001001" y 8 bits para "00101101" usando el presente procedimiento. Por lo tanto, es posible mejorar la eficiencia de la codificación de forma notable cuando el valor  
25 más grande del coeficiente  $|L|$  del bloque normal es relativamente alto y el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  aumenta gradualmente.

En la quinta forma de realización, cuando el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  inmediatamente anterior ha superado el valor umbral ("Si" en S109), el número de tabla k se incrementa en "1" (S110) y la codificación se realiza usando la tabla  
30 VLC con el siguiente número (véase la referencia a la fig. 28). No obstante, la tabla puede saltarse hasta llegar a la tabla VLC adaptada al valor absoluto del coeficiente  $|L|$  dependiendo del valor absoluto del coeficiente  $|L|$  inmediatamente anterior que ha superado el valor umbral. Concretamente, cuando el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  inmediatamente anterior que se va a codificar haciendo referencia a la tabla con el número  $k=1$  es "20", por ejemplo, existe una gran posibilidad de que el valor absoluto del siguiente coeficiente  $|L|$  sea mayor que "20"; por lo tanto, la tabla con el número  
35  $k=3$  puede usarse como referencia para codificar el valor absoluto del siguiente coeficiente  $|L|$ . En este caso, se puede establecer el valor umbral que corresponda a la tabla VLC (por ejemplo, 25).

Se explica que se usan ocho tablas VLC, pero el número de tablas VLC puede ser de entre 2 y 7 o mayor que ocho, usando una pluralidad de valores umbral, y la tabla VLC puede cambiarse cada vez que se supera el valor umbral.  
40

Además, en la quinta forma de realización, el valor absoluto y el signo del coeficiente se codifican por separado y ninguna de las tablas VLC para valores absolutos de coeficientes contiene signos (valores absolutos); no obstante, se pueden codificar los coeficientes con los signos. Por ejemplo, se puede añadir 1 bit para el signo a un bit LSB para el código de longitud variable.  
45

En la quinta forma de realización se describe el caso en el que se codifica una imagen por medio de una codificación intraimagen; no obstante, se pueden obtener los mismos efectos para el caso en el que se codifica una imagen por medio de una codificación interimagen, usando el procedimiento de acuerdo con la presente invención.

50 Además, la quinta forma de realización describe el caso de la división de la imagen de entrada en bloques, cada uno de un tamaño de 4 (horizontal) x 4 (vertical) píxeles; no obstante, se puede dar un tamaño diferente para el tamaño del bloque.

La quinta forma de realización describe un procedimiento de escaneo de un bloque haciendo referencia a la fig. 3B; no obstante, se puede emplear otro procedimiento de escaneo siempre que el escaneo se realice partiendo desde el dominio de baja frecuencia hacia el dominio de alta frecuencia.  
55

Además, se describe un ejemplo de la tabla VLC haciendo referencia a la fig. 25; no obstante, puede ser una tabla de códigos diferente.

La quinta forma de realización describe el caso en que se añade el número de valores L al comienzo de la secuencia L; no obstante, el EOB puede unirse al final de la secuencia L.

5 (Sexta forma de realización)

La fig. 30 es un diagrama de bloques que muestra una estructura funcional de un aparato de descodificación al que se aplica el procedimiento de descodificación de longitud variable y el procedimiento de descodificación de imagen en movimiento que hace uso del mismo de acuerdo con la forma de realización de la presente invención. Aquí, se usará el  
10 flujo de bits generado usando el procedimiento de codificación de longitud variable de la presente invención descrito en la quinta forma de realización.

Como se muestra en la fig. 30, el aparato de descodificación 500c está compuesto por una unidad de descodificación de longitud variable 560, una unidad de cuantización inversa 520, una unidad de transformación de frecuencia inversa 530 y  
15 una memoria de imagen 540. Cada unidad de las que componen tal aparato de descodificación 500c, puede obtenerse con una CPU, una ROM para almacenar previamente un programa o datos ejecutados por la CPU y una memoria para proporcionar un área de trabajo cuando se ejecuta el programa, así como para almacenar temporalmente un flujo de bits de entrada, o similares. En cuanto a la unidad de cuantización inversa 520, la unidad de transformación de frecuencia inversa 530 y la memoria de imagen 540, las estructuras son las mismas que las descritas para los aparatos de  
20 de descodificación 500a y 500b, por lo tanto las descripciones se abrevian, y la estructura de la unidad de descodificación de longitud variable 560 se explica detalladamente.

La unidad de descodificación de longitud variable 560 está compuesta por una unidad de conversión de códigos 561, una  
25 unidad de almacenamiento de tablas 562 y una unidad de generación de coeficientes 564.

La unidad de almacenamiento de tablas 562 almacena por adelantado una pluralidad de tablas VLC 5621a a 5621g que correlacionan códigos de longitud variable con valores absolutos de los coeficientes  $|L|$  de la secuencia, así como una tabla de valores umbral 5622, o similar. Las tablas VLC 5621a a 5621g se construyen del mismo modo que las tablas VLC 1641a a 1641g que se muestran en la fig. 25 y la tabla de valores umbral 5622 se construye del mismo modo que la  
30 tabla de valores umbral 1642 que se muestra en la fig. 26.

La unidad de conversión de códigos 561 realiza una conversión en un flujo de bits de entrada de tal forma que los códigos de longitud variable se convierten en el número de coeficientes en la secuencia L, m, los valores absolutos de los coeficientes  $|L|$  y los valores R en la secuencia R, usando las tablas almacenadas en la unidad de almacenamiento de  
35 tablas 562 (las tablas VLC 5621a a 5621g y la tabla de valores umbral 5622, y similares). Las tablas VLC 5621a a 5621g se usan para la conversión de los valores absolutos de los coeficientes  $|L|$ .

La unidad de generación de coeficientes 564 convierte los valores RL en coeficientes basándose en la secuencia L y la secuencia R introducidas y los bidimensionaliza usando un procedimiento de escaneo predeterminado. Cuando se  
40 convierte la secuencia RL en coeficientes, se genera un coeficiente "0" para el número indicado por R basándose en un orden de escaneo predeterminado, y entonces se genera el coeficiente indicado por L. Aquí, suponiendo que los coeficientes se escanean en zigzag partiendo desde el dominio de baja frecuencia hacia el dominio de alta frecuencia, la secuencia RL se convierte en un bloque de coeficientes, que se muestra en la fig. 11. El bloque de coeficientes generado se introduce en la unidad de cuantización inversa 520.

45 A continuación se describen las operaciones de descodificación en cada unidad de la unidad de descodificación de longitud variable 560.

En esta descripción se supone que los códigos del flujo de bits de entrada de códigos binarios introducidos por la unidad  
50 de conversión de códigos 561 son "1", "1", "101", "011", "00100", "0001100", "11", "0100", "0000100000", "0011001", "1100", "010000" y "00101101" en secuencia comenzando por la cabecera.

La unidad de conversión de códigos 561, como punto de partida para descodificar los códigos de longitud variable, descodifica el número de coeficientes m enviados desde el aparato de codificación 100c y establece el número de  
55 coeficientes m descodificado. La unidad de conversión de códigos 561 establece después un número de tabla k igual a "0" como valor inicial de una tabla VLC de referencia. Después, la unidad de asignación de códigos 163 consulta la tabla de valores umbral 5622 y establece un valor umbral igual a "4" (S103). Después de establecer el número de coeficientes m, la tabla VLC de referencia (en este caso, tabla VLC 5621a) y el valor umbral, la unidad de conversión de códigos 561 lee secuencialmente los valores absolutos de los coeficientes  $|L|$  desde la cabecera (es decir, desde los que están en el

dominio de alta frecuencia) en un orden en el que se envían desde el aparato de codificación 100c y realiza una descodificación de longitud variable en los códigos de longitud variable leídos para obtener los valores absolutos de los coeficientes  $|L|$  usando la tabla VLC con el número establecido. Tras descodificar cada código de longitud variable, la unidad de conversión de códigos 561 almacena el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  obtenido en la descodificación en una memoria temporal que no se muestra en el diagrama (por ejemplo, una memoria intermedia FILO), disminuye en “1” el número de coeficientes  $m$  y juzga si el número  $m$  indica “0” o no tras la disminución, es decir, si se han descodificado o no todos los coeficientes incluidos en la secuencia  $L$ .

10 Cuando el número de coeficientes  $m$  no indica “0”, se juzga si el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  inmediatamente anterior que se ha obtenido mediante una descodificación de longitud variable supera o no el valor umbral. Cuando no ha superado el valor umbral, la unidad de conversión de códigos 561 lee el siguiente código de longitud variable desde el final y lo descodifica como un valor absoluto del coeficiente  $|L|$  usando la misma tabla usada para el anterior.

15 Cuando el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  inmediatamente anterior que se ha obtenido mediante descodificación de longitud variable ha superado el valor umbral, la unidad de conversión de códigos 561 incrementa en “1” el número de tabla  $k$ . Así, al codificar el valor absoluto del siguiente coeficiente  $|L|$ , se consulta la tabla VLC con baja tasa de cambio en la longitud del código, que se puede aplicar a la codificación del valor absoluto del coeficiente  $|L|$  cuya longitud de código sea grande (por ejemplo, la tabla VLC 5621b se consulta cuando la tabla VLC anterior es 5621a). Cuando termina el incremento para el número de tabla  $k$ , la unidad de conversión de códigos 561 consulta la tabla de valores umbral 5622 y la actualiza con el siguiente valor umbral (por ejemplo, “7” cuando el valor umbral anterior es “4”). Así, la tabla puede cambiarse por la siguiente tabla VLC con baja tasa de cambio en la longitud del código, que se puede aplicar a la codificación del valor absoluto del coeficiente  $|L|$  cuya longitud de código es grande, sólo cuando el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  haya superado el nuevo valor umbral.

25 Para expresarlo de forma más concreta, la tabla VLC 5621a con el número de tabla  $k=0$  se consulta para el primer código de longitud variable. Ahora, suponiendo que se consulta la tabla VLC 5621a, el código de longitud variable que corresponde al flujo de bits de entrada es “1” y el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  es en este caso “1”. Igualmente, al transcurrir secuencialmente la conversión de códigos de longitud variable para obtener valores absolutos de los coeficientes  $|L|$  usando la tabla VLC 5621a, los códigos de longitud variable se convierten en los valores absolutos de los coeficientes  $|L|$  del siguiente modo: el código de longitud variable “2” en el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  “1”; el código de longitud variable “010” en el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  “3”; el código de longitud variable “00100” en el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  “4”; y el código de longitud variable “0001100” en el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  “12”.

35 Aquí, suponiendo que el valor umbral para el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  es “4”, el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  supera el valor umbral cuando se convierte el sexto código de longitud variable. Por lo tanto, la unidad de conversión de códigos 561 usa la siguiente tabla VLC 5621b con el número  $k=1$  para la conversión de los siguientes valores absolutos de los coeficientes  $|L|$ , establece el valor umbral “7” y los convierte en los valores absolutos de los coeficientes  $|L|$ . Por consiguiente, el séptimo código de longitud variable “11” se convierte en el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  “2”.

40 El octavo código de longitud variable “0100” se convierte en el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  “3”, mientras que el noveno código de longitud variable “000010000” se convierte en el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  “31”. Suponiendo aquí que el valor umbral para el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  es “7”, el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  supera el valor umbral en el noveno valor absoluto del coeficiente  $|L|$  “31”. Por lo tanto la unidad de conversión de códigos 561 usa la tabla VLC 5621b con el número  $k=2$  para la conversión de los siguientes valores absolutos de los coeficientes  $|L|$ .

45 Mientras tanto, aunque el valor absoluto del coeficiente  $|L|$  obtenido en la descodificación para obtener el séptimo valor absoluto del coeficiente  $|L|$  baja del valor umbral “7”, no se volverá a cambiar de tabla a la tabla VLC 5621a y la conversión se realiza usando la tabla VLC 56521b.

50 Con la repetición del anterior procesamiento, se generan los valores absolutos de los coeficientes  $|L|$  equivalentes a un único bloque (coeficientes “ $m$ ”) y se reordenan a la inversa usando un procedimiento de “primero en salir, último en entrar” ejecutado por la memoria intermedia FILO. Los signos también se reordenan a la inversa usando un procedimiento de “primero en salir, último en entrar” ejecutado por la memoria intermedia FILO. Sin embargo, el número no se reordenará. Aquí se supone que la secuencia se genera en el mismo orden que el usado para la secuencia  $L$  que se muestra en la fig. 24A (concretamente, un orden partiendo desde el dominio de baja frecuencia hacia el dominio de alta frecuencia).

Cada uno de los valores absolutos de los coeficientes  $|L|$  en la secuencia  $L$  reordenados de este modo se introduce en la unidad de generación de coeficientes 564. La unidad de conversión de códigos 561 descodifica cada valor  $R$  de la secuencia  $R$  usando el mismo procesamiento que se usó para los valores absolutos de los coeficientes  $|L|$  y envía la

secuencia R que se muestra en la fig. 24A a la unidad de generación de coeficientes 564.

La unidad de generación de coeficientes 564 convierte la secuencia RL en coeficientes basándose en la secuencia L y la secuencia R introducidas. Al hacerlo, la unidad de generación de coeficientes 564 realiza la conversión de la secuencia RL en coeficientes llevando a cabo la siguiente operación: generar un coeficiente "0" para el número indicado por R y después generar el coeficiente para el valor indicado por L añadiendo los signos. Aquí, suponiendo que el escaneo se realiza en zigzag partiendo desde el dominio de baja frecuencia hacia el dominio de alta frecuencia, la secuencia R que se muestra en la fig. 24A y la secuencia L que se muestra en la fig. 24B se convierten en un bloque de coeficientes. El bloque de coeficientes generado se introduce en la unidad de cuantización inversa 520.

10 Tal como se describe anteriormente, en el procedimiento de descodificación de longitud variable de acuerdo con la sexta forma de realización, en primer lugar en la etapa de descodificación, se cambia en una dirección entre una pluralidad de tablas de codificación (descodificación) de longitud variable que se van a usar para la descodificación, los códigos de longitud variable del flujo de bits se descodifican para obtener coeficientes distintos de cero de acuerdo con un dominio de frecuencia en un orden predeterminado, usando la tabla VLC por la que se ha cambiado la tabla. Posteriormente, en la etapa de conversión de coeficientes, los coeficientes distintos de cero se convierten en coeficientes de un bloque basándose en los coeficientes generados. Aquí, cada una de las tablas posee una tasa de cambio diferente en la longitud del código para coeficientes, de forma que una longitud de código del coeficiente más pequeño se hace más larga a medida que el número asignado a la tabla se hace más grande y una longitud de código del coeficiente más grande se hace más corta a medida que el número de tabla se hace más grande. El valor umbral se establece basándose en la adaptabilidad de cada tabla en la que una longitud de código correspondiente a un coeficiente es más corta que en la otra tabla. Los códigos de longitud variable del flujo de bits se alinean en orden partiendo desde los componentes de alta frecuencia hacia los componentes de baja frecuencia. En la etapa de descodificación, los códigos de longitud variable se descodifican para obtener coeficientes según el orden en que está compuesto el flujo de bits, se genera una secuencia de coeficientes produciendo los coeficientes descodificados en orden partiendo desde el final del flujo de bits. En la etapa de generación de coeficientes, los coeficientes se escanean según el orden en que está compuesta la secuencia de coeficientes.

En la etapa de codificación, cuando el valor absoluto del coeficiente descodificado supera el valor umbral, se descodifica el siguiente código de longitud variable para obtener una tabla cuyo número es más grande que el asignado a la presente tabla.

Con el anterior procesamiento, el flujo de bits que se codifica usando el procedimiento de codificación de longitud variable de acuerdo con la presente invención puede descodificarse correctamente usando el procedimiento de descodificación de longitud variable de acuerdo con la presente invención.

En la sexta forma de realización, se supone que cuando el valor absoluto del coeficiente descodificado inmediatamente anterior  $|L|$  supera el valor umbral, el número de tabla  $k$  se incrementa en "1" y la descodificación se realiza usando la tabla VLC con el siguiente número, como en la quinta forma de realización. No obstante, se puede saltar de tabla a la que se adapte al valor absoluto del coeficiente  $|L|$  de acuerdo con el valor absoluto del coeficiente inmediatamente anterior que ha superado el valor umbral, con la condición de que el procedimiento de cambio entre las tablas sea el mismo que el usado para la codificación. En este caso, puede establecerse el valor umbral que corresponda a la tabla VLC.

En la sexta forma de realización se describe un ejemplo de la tabla VLC haciendo referencia a la fig. 25, pero se puede usar una tabla diferente, siempre que sea la que se usó para la codificación. Además, se describe el caso del uso de ocho tablas VLC, pero el número de tablas puede estar entre dos y seis o más de ocho, usando una pluralidad de valores umbral, y las tablas VLC pueden cambiarse cada vez que se superen los valores umbral. No obstante, la estructura de la tabla VLC y el valor umbral serán aquí los mismos que los usados para la codificación.

Además, en la sexta forma de realización, el valor absoluto y el signo del coeficiente se codifican por separado y ninguna de las tablas VLC para valores absolutos de coeficientes contiene signos (valores absolutos); no obstante, se pueden codificar los coeficientes con los signos. En este caso, los códigos binarios pueden incluir los signos. Por ejemplo, se puede añadir 1 bit para el signo a un bit LSB para el código de longitud variable.

Además en la sexta forma de realización, se cambia de tabla VLC cuando el valor  $L$  haya superado el valor umbral. Se puede usar una tabla VLC con un número grande para descodificar los valores umbral de los coeficientes  $|L|$  en orden descendente (concretamente, partiendo desde los que están en el dominio de alta frecuencia) y puede cambiarse a una tabla VLC con un número pequeño cuando el valor absoluto del coeficiente descodificado  $|L|$  baja del valor umbral.

En la sexta forma de realización se describe el caso en el que una imagen se codifica por medio de una codificación intraimagen; no obstante, se pueden obtener los mismos efectos para el caso en el que una imagen se codifica realizando una compensación de movimiento y otros tratamientos en una imagen en movimiento de entrada, usando el procedimiento de acuerdo con la presente forma de realización.

Además, en la sexta forma de realización se describe el caso de la división de la imagen de entrada en bloques, cada uno de los cuales posee un tamaño de 4 (horizontal) x 4 (vertical) píxeles; no obstante, se puede dar un tamaño diferente para el tamaño del bloque.

En la sexta forma de realización se describe un procedimiento para escanear un bloque, haciendo referencia a la fig. 11; no obstante, se puede usar un orden de escaneo diferente siempre que sea el mismo que se usó para la codificación.

(Séptima forma de realización)

A continuación se describe un ejemplo de la realización del procedimiento de codificación de longitud variable, procedimiento de descodificación de longitud variable, un aparato de codificación de longitud variable, el aparato de descodificación de longitud variable, el procedimiento de codificación de imagen en movimiento, el procedimiento de descodificación de imagen en movimiento, el aparato codificador de imagen en movimiento y el aparato descodificador de imagen en movimiento de acuerdo con la presente invención en otra forma de realización.

Es posible realizar el procesamiento descrito en cada una de las anteriores formas de realización en un sistema informático independiente mediante la grabación de un programa para obtener las estructuras del aparato de codificación o el aparato de descodificación que se muestra en cada una de las formas de realización anteriores en un medio de grabación tal como un disco flexible o similares.

La fig. 32 es una ilustración para llevar a cabo el procedimiento de codificación de imagen en movimiento descrito en la primera, tercera y quinta formas de realización o el procedimiento de descodificación de imagen en movimiento descrito en la segunda, cuarta y sexta formas de realización en el sistema informático usando el programa grabado en el disco flexible en el que está grabado el programa.

En la fig. 32B se muestra el aspecto completo de un disco flexible, su estructura en sección transversal y el propio disco flexible, mientras que en la fig. 32A se muestra un ejemplo de un formato físico del disco flexible como un cuerpo principal de un medio de almacenamiento. El disco flexible FD está contenido en una carcasa F con una pluralidad de pistas "Tr" formadas concéntricamente desde la periferia hasta el interior en la superficie del disco, y cada pista se divide en 16 sectores "Se" en dirección angular. Así, el programa se almacena en un área asignada para el mismo en el disco flexible FD.

En la fig. 32C se muestra una estructura para grabar y leer el programa en el disco flexible FD. Cuando el programa se graba en el disco flexible FD, el sistema informático CS escribe en el programa a través de una unidad de disco flexible. Cuando se construye el aparato de codificación y el aparato de descodificación en el sistema informático usando el programa del disco flexible, el programa se lee desde el disco flexible y después se transfiere al sistema informático mediante la unidad de disco flexible.

La anterior explicación se construye sobre la suposición de que el medio de almacenamiento es un disco flexible, pero también se puede realizar el mismo procesamiento usando un disco óptico. Además, el medio de almacenamiento no se limita a un disco flexible y un disco óptico, sino que se puede usar cualquier otro medio tal como una tarjeta IC y un cartucho ROM capaces de grabar un programa.

A continuación se da una descripción de las aplicaciones del procedimiento de codificación/descodificación de imagen que se ilustra en la forma de realización mencionada anteriormente y un sistema que hace uso del mismo.

La fig. 33 es un diagrama de bloques que muestra una configuración global de un sistema de suministro de contenidos ex100 para realizar un servicio de entrega de contenidos. El área para proporcionar el servicio de comunicación se divide en células del tamaño deseado, y los emplazamientos celulares ex107 a ex110, que son estaciones inalámbricas fijas, se encuentran en unas células respectivas.

El sistema de suministro de contenidos ex100 está conectado a aparatos tales como un ordenador ex111, un PDA (asistente personal digital) ex112, una cámara ex113, un teléfono móvil ex114 y un teléfono móvil con cámara ex115 a

través de, por ejemplo, Internet ex101, un proveedor de servicios de Internet ex102, una red telefónica ex101, así como las ubicaciones de las células ex107 a ex110.

No obstante, el sistema de suministro de contenidos ex100 no se limita a la configuración que se muestra en la fig. 33, y puede estar conectado a una combinación de cualquiera de ellos. Además, cada aparato puede conectarse directamente a la red telefónica ex104, no a través de los emplazamientos de las células ex107 a ex110.

La cámara ex113 es un aparato capaz de captar vídeo tal como una cámara de vídeo digital. EL teléfono móvil ex112 puede ser un teléfono móvil de uno cualquiera de los siguientes sistemas: un sistema PDC (comunicación personal digital), un sistema W-CDMA (acceso múltiple de banda ancha por división de código) o un sistema GSM (sistema global de comunicación móvil), un PHS (sistema de teléfono de mano personal) o similares.

Hay un servidor de *streaming* (o transferencia en flujo continuo) ex103 conectado a la cámara ex113 a través de la red telefónica ex104 y además el emplazamiento celular ex109, que realiza una distribución en vivo o similar usando la cámara ex113 basándose en los datos codificados transmitidos desde el usuario. Tanto la cámara ex113, como el servidor que transmite los datos o similares pueden codificar los datos. Los datos de imagen en movimiento captados por una cámara ex116 pueden transmitirse al servidor de *streaming* ex103 a través del ordenador ex111. En este caso, tanto la cámara ex116 como el ordenador ex111 pueden codificar los datos de imagen en movimiento. Una LSI ex117 incluida en el ordenador ex111 y la cámara ex116 realiza el procesamiento de la codificación. El software para la codificación y la descodificación de imágenes se puede integrar en cualquier tipo de medio de almacenamiento (tal como un CD-ROM, un disco flexible y un disco duro) que constituya un medio de grabación que pueda leer el ordenador ex111 o similares. Además, un teléfono móvil con cámara ex115 puede transmitir los datos de la imagen en movimiento. Estos datos de la imagen en movimiento son los datos codificados por la LSI incluida en el teléfono móvil ex115.

El sistema de suministro de contenidos ex100 codifica los contenidos (como por ejemplo, vídeo musical en directo) captados por un usuario que emplee la cámara ex113, la cámara ex116 o similares del mismo modo que se muestra en la forma de realización mencionada anteriormente y los transmite al servidor de *streaming* ex103, mientras que el servidor de *streaming* ex103 hace entrega de un flujo continuo de datos de los contenidos a los clientes cuando éstos lo solicitan. Los clientes incluyen el ordenador ex111, la PDA ex112, la cámara ex113, el teléfono móvil ex114 y demás son capaces de descodificar los datos codificados mencionados anteriormente. En el sistema de suministro de contenidos ex100, los clientes pueden, de este modo, recibir y reproducir los datos codificados, y además pueden recibir, descodificar y reproducir los datos en tiempo real a fin de conseguir un sistema de difusión personal.

Cuando cada aparato de este sistema realiza la codificación o descodificación, puede usarse el aparato de codificación de imagen o el aparato de descodificación de imagen que se muestran en la forma de realización mencionada anteriormente.

Se explicará un teléfono móvil como ejemplo de tal aparato.

La fig. 34 es un diagrama que muestra el teléfono móvil ex115 usando el procedimiento de codificación/descodificación de imagen explicado en las formas de realización mencionadas anteriormente. El teléfono móvil ex115 posee una antena ex291 para comunicarse con el emplazamiento celular ex110 a través de ondas de radio, una unidad de cámara ex203 tal como una cámara CCD capaz de captar imágenes fijas y en movimiento, una unidad de visualización ex202 tal como una pantalla de cristal líquido para visualizar los datos tales como las imágenes descodificadas y similares captados por la unidad de cámara ex203 o recibidos por la antena ex201, una unidad de cuerpo que incluye un conjunto de botones de funcionamiento ex204, una unidad de salida de voz ex208 tal como un altavoz para la salida de voz, una unidad de entrada de voz ex205 tal como un micrófono para la entrada de voz, un medio de almacenamiento ex207 para almacenar datos codificados o descodificados tales como datos de imágenes fijas o en movimiento captadas por la cámara, datos de correos electrónicos recibidos y los de imágenes fijas o en movimiento, y una unidad de ranura ex206 para acoplar el medio de almacenamiento ex207 al teléfono móvil ex115. En el medio de almacenamiento ex207 se almacena un elemento de memoria *flash*, un tipo de EEPROM (memoria de sólo lectura programable y borrable eléctricamente) que consiste en una memoria no volátil que se puede borrar de un cartucho de plástico tal como una tarjeta SD y reescribir en la misma eléctricamente.

A continuación se explicará el teléfono móvil haciendo referencia a la fig. 35. En el teléfono móvil ex115, una unidad de control principal ex311, diseñada con el fin de controlar totalmente cada unidad del cuerpo principal que contiene la unidad de visualización ex202, así como los botones de funcionamiento ex204, está conectada con una unidad de circuito de alimentación ex310, una unidad de control de entrada de funcionamiento ex304, una unidad de codificación de imagen ex312, una unidad de interfaz de cámara ex303, una unidad de control de LCD (pantalla de cristal líquido) ex302,

una unidad de decodificación de imagen ex309, una unidad de multiplexado/demultiplexado ex308, una unidad de lectura/escritura ex307, una unidad de circuito de módem ex306 y una unidad de procesamiento de voz ex305 a través de un bus síncrono ex313.

- 5 Cuando se enciende un botón de fin de llamada o de encendido mediante una operación del usuario, la unidad de circuito de alimentación ex310 suministra energía a las unidades respectivas desde una batería a fin de activar el teléfono móvil digital con una cámara ex 115 en un estado de disponibilidad.

En el teléfono móvil ex115, la unidad de procesamiento de voz ex305 convierte las señales de voz recibidas por la  
10 unidad de entrada de voz ex205 en modo de conversación en datos de voz digital bajo el control de la unidad de control principal ex311, que incluye un ordenador, ROM y RAM, la unidad de circuito de módem ex306 realiza un procesamiento de espectro disperso en los datos de voz digital, y la unidad de circuito de comunicación ex301 realiza una conversión de digital a analógico y una transformación de frecuencia en los datos, a fin de transmitirlos a través de la antena ex201. Además, en el teléfono móvil ex115, la unidad de circuito de comunicación ex301 amplifica los datos recibidos por la  
15 antena ex201 en modo de conversación y realiza una transformación de frecuencia y la conversión de analógico a digital en los datos, la unidad de circuito de módem ex306 realiza un procesamiento de espectro disperso inverso en los datos, y la unidad de procesamiento de voz ex305 los convierte en datos de voz analógica a fin de darles salida a través de la unidad de salida de voz ex208.

20 Además, cuando se transmite un correo electrónico en un modo de comunicación de datos, los datos de texto del correo electrónico introducidos mediante el accionamiento de los botones de funcionamiento ex204 del cuerpo principal se envía a la unidad de control principal ex311 a través de la unidad de control de entrada de funcionamiento ex304. En la unidad de control principal ex311, después de que la unidad de circuito de módem ex306 realice el procesamiento de espectro disperso en los datos de texto y la unidad de circuito de comunicación ex301 realice la conversión de digital a analógico y  
25 la transformación de frecuencia en los datos de texto, los datos se transmiten al emplazamiento celular ex110 a través de la antena ex201.

Cuando se transmiten datos de imagen en el modo de comunicación de datos, los datos de imagen captados por la unidad de cámara ex203 se suministran a la unidad de codificación de imagen ex312 a través de la unidad de interfaz de  
30 cámara ex303. Cuando no se transmite, también es posible visualizar los datos de imagen captados por la unidad de cámara ex203 directamente en la unidad de visualización ex202 a través de la unidad de interfaz de cámara ex303 y la unidad de control de LCD ex302.

La unidad de codificación de imagen ex312, que incluye el aparato de codificación de imagen que se describe en la  
35 presente invención, comprime y codifica los datos de imagen suministrados desde la unidad de cámara ex203 usando el procedimiento de codificación empleado por el aparato de codificación de imagen que se muestra en la primera forma de realización a fin de transformarlos en datos de imagen codificados, y los envía a la unidad de multiplexado/demultiplexado ex308. En este momento, el teléfono móvil ex115 envía la voz recibida por la unidad de entrada de voz ex205 durante la filmación con la unidad de cámara ex203 a la unidad de multiplexado/demultiplexado  
40 ex308 como datos de voz digital a través de la unidad de procesamiento de voz ex305.

La unidad de multiplexado/demultiplexado ex308 multiplexa los datos de imagen codificados suministrados desde la unidad de codificación de imagen ex312 y los datos de voz suministrados desde la unidad de procesamiento de voz ex305, usando un procedimiento predeterminado, y después la unidad de circuito de módem ex306 realiza un  
45 procesamiento de espectro disperso en los datos multiplexados obtenidos como resultado del multiplexado, y por último la unidad de circuito de comunicación ex301 realiza una conversión de digital a analógico y una transformación de frecuencia en los datos, para la transmisión a través de la antena ex201.

En cuanto a la recepción de datos de un archivo de imagen en movimiento que esté enlazada a una página web o similar  
50 en un modo de comunicación, la unidad de circuito de módem ex306 realiza un procesamiento de espectro disperso inverso en los datos recibidos desde el emplazamiento celular ex110 a través ex201, y envía los datos multiplexados obtenidos como resultado del procesamiento de espectro disperso inverso.

Para decodificar los datos multiplexados recibidos a través de la antena ex201, la unidad de  
55 multiplexado/demultiplexado ex308 desmultiplexa los datos multiplexados para obtener un flujo codificado de datos de imagen y el de los datos de voz, y suministra los datos de imagen codificados a la unidad de decodificación de imagen ex309 y los datos de voz a la unidad de procesamiento de voz ex305, respectivamente, a través del bus síncrono ex313.

A continuación, la unidad de decodificación de imagen ex309, incluido el aparato de decodificación de imagen que se

describe en la presente invención, descodifica el flujo codificado de los datos de imagen usando el procedimiento de descodificación correspondiente al procedimiento de codificación que se muestra en las formas de realización mencionadas anteriormente para generar datos de imagen en movimiento reproducidos, y suministra estos datos a la unidad de visualización ex202 a través de la unidad de control de LCD ex302, y de ese modo se visualizan los datos de imagen incluidos en el archivo de imagen en movimiento enlazado a, por ejemplo, una página web. Al mismo tiempo, la unidad de procesamiento de voz ex305 convierte los datos de voz en datos de voz analógicos, y suministra estos datos a la unidad de salida de voz ex208, y así se reproducen los datos de voz incluidos en el archivo de imagen en movimiento enlazado a, por ejemplo, una página web.

- 10 La presente invención no se limita al sistema mencionado anteriormente, ya que la difusión digital por satélite o terrestre ha aparecido recientemente en las noticias y al menos el aparato de codificación de imagen o el aparato de descodificación de imagen descritos en la forma de realización mencionada anteriormente pueden incorporarse en un sistema de difusión digital tal como se muestra en la fig. 36. Más específicamente, un flujo codificado de información de vídeo se transmite desde una estación de difusión ex409 a un satélite de difusión ex410, o se comunica con el mismo, a través de ondas de radio. Al recibirlo, el satélite de difusión ex410 transmite ondas de radio para su difusión. Después, una antena de uso doméstico ex406 con una función de recepción de difusión por satélite recibe las ondas de radio, y una televisión (receptor) ex401 o un módulo descodificador (*set top box*, STB) ex407 descodifica un flujo de bits codificado para reproducirlo. El aparato de descodificación de imagen que se muestra en la forma de realización mencionada anteriormente puede incorporarse en el aparato reproductor ex403 para leer y descodificar el flujo codificado grabado en un medio de almacenamiento ex402 que consiste en un medio de grabación tal como un CD y un DVD. En este caso, las señales de imagen en movimiento reproducidas se visualizan en un monitor ex404. También es concebible la incorporación del aparato de descodificación de imagen en el módulo descodificador ex407 conectado a un cable ex405 para una televisión por cable o la antena ex406 para difusión por satélite y/o terrestre a fin de reproducirlas en un monitor ex408 de la televisión ex401. El aparato de descodificación de imagen puede incorporarse en la televisión, no en el módulo descodificador. Además, un automóvil ex412 provisto de una antena 411 puede recibir señales desde el satélite ex410 o el emplazamiento celular ex107 para reproducir imágenes en movimiento en un dispositivo de visualización tal como un sistema de navegación para automóviles ex413 instalado en el automóvil ex412.

- Además, el aparato de codificación de imagen que se muestra en la forma de realización mencionada anteriormente puede codificar señales de imagen y grabarlas en el medio de almacenamiento. Como ejemplo concreto, se puede citar un grabador ex420 tal como un grabador de DVD para grabar señales de imagen en un disco DVD ex421 o un grabador de disco para grabarlas en un disco duro. Se pueden grabar en una tarjeta SD ex422. Cuando el grabador ex420 incluye el aparato de descodificación de imagen que se muestra en la forma de realización mencionada anteriormente, las señales de imagen grabadas en el disco DVD ex421 o la tarjeta SD ex422 pueden reproducirse para visualizarlas en el monitor ex408.

- En cuanto a la estructura del sistema de navegación para automóviles ex413, se puede concebir la estructura sin la unidad de cámara ex203, la unidad de interfaz de cámara ex303 y la unidad de codificación de imagen ex312, entre los componentes que se muestran en la fig. 35. Esto también es válido para el ordenador ex111, la televisión (receptor) ex401 y otros.

- Además, se pueden concebir tres tipos de aplicaciones para un terminal tal como el teléfono móvil ex114: un terminal de envío/recepción que incorpore un codificador y un descodificador, un terminal de envío que sólo incorpore un codificador y un terminal de recepción que sólo incorpore un descodificador.

- 45 Tal como se describe anteriormente, es posible usar el procedimiento de codificación de longitud variable, el procedimiento de descodificación de longitud variable, así como el aparato de codificación de longitud variable y el aparato de descodificación de longitud variable que usan este procedimiento, el procedimiento de codificación de imagen en movimiento, el procedimiento de descodificación de imagen en movimiento, el aparato de codificación de imagen en movimiento y el aparato de descodificación de imagen en movimiento, descritos en la forma de realización mencionada anteriormente, para cualquiera de los aparatos mencionados anteriormente y los sistemas descritos anteriormente, y mediante el uso de estos procedimientos, se pueden obtener los efectos descritos en las formas de realización mencionadas anteriormente.

- 55 Se describe que el aparato de codificación de longitud variable y el aparato de descodificación de longitud variable de acuerdo con las formas de realización primera a sexta realizan un escaneo en los coeficientes en un orden que comienza desde el componente de baja frecuencia hacia el componente de alta frecuencia. No obstante, el escaneo puede realizarse en un orden que comience desde el componente de alta frecuencia hacia el componente de baja frecuencia. En este caso, el procesamiento de la reordenación de los coeficientes puede abreviarse.

**Aplicabilidad industrial**

Se puede aplicar el procedimiento de codificación de longitud variable y el procedimiento de descodificación de longitud variable de acuerdo con la presente invención para codificar o descodificar coeficientes de cada bloque, que posee un tamaño predeterminado, que se obtiene realizando una transformación de frecuencia en unos datos de imagen de una imagen en movimiento usando un aparato informático tal como un teléfono móvil, un asistente personal digital, un aparato de difusión de TV, un monitor de TV, un módulo descodificador, o similares.

## REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de decodificación para realizar una decodificación de longitud variable en datos codificados obtenidos realizando codificación de longitud variable en los coeficientes distintos de cero de un bloque que se obtienen realizando una transformación de frecuencia en datos de imagen del bloque que tiene un tamaño predeterminado de píxeles, comprendiendo el procedimiento de decodificación:

realizar decodificación de longitud variable en datos codificados desde un componente de alta frecuencia hacia un componente de baja frecuencia para obtener coeficientes decodificados distintos de cero usando una pluralidad de tablas de código de longitud variable; y  
 10 escanear de forma inversa los coeficientes distintos de cero decodificados en coeficientes bidimensionales del bloque; en el que cada una de la pluralidad de tablas de código de longitud variable incluye una pluralidad de códigos de longitud variable que corresponden a los coeficientes distintos de cero, en el que dicha decodificación de longitud variable en los datos codificados se realiza cambiando entre una pluralidad de  
 15 tablas de código de longitud variable, a cada una de las cuales se le asigna un número de tabla y un umbral de tal manera que a la primera tabla se le asigna el umbral más bajo, y cada tabla siguiente se le asigna un umbral que es diferente y mayor que todos los umbrales previamente asignados; en el que dicha decodificación de longitud variable en los datos codificados comienza usando la primera tabla y cuando el valor absoluto de un coeficiente actual distinto de cero a decodificar excede el umbral asignado a la tabla usada para decodificar el coeficiente actual distinto de cero, la  
 20 tabla de código se cambia a la siguiente tabla de código que tiene el umbral mayor asignado, el valor umbral usado para comprobar si los valores absolutos de los coeficientes distintos de cero superan el umbral se cambia por el umbral asignado a dicha tabla cambiada, y el siguiente coeficiente distinto de cero a continuación del coeficiente actual distinto de cero se decodifica usando dicha tabla cambiada; y en el que una tasa de aumento en la longitud del código, correspondiente a un aumento en los valores absolutos de los coeficientes, de los códigos de longitud variable incluidos  
 25 en cada una de las tablas de código de longitud variable se vuelve más pequeña a medida que el número de tabla asignado a cada una de las tablas de código de longitud variable se vuelve más grande.

2. Un aparato de decodificación que realiza una decodificación de longitud variable en datos codificados obtenidos realizando una codificación de longitud variable en los coeficientes distintos de cero de un bloque que se obtienen realizando una transformación de frecuencia en datos de imagen del bloque que tiene un tamaño predeterminado de píxeles, comprendiendo el aparato de decodificación:

una unidad de decodificación de longitud variable accionable para realizar una decodificación de longitud variable en datos codificados desde un componente de alta frecuencia hacia un componente de baja frecuencia para obtener  
 35 coeficientes decodificados distintos de cero usando una pluralidad de tablas de código de longitud variable; y una unidad de escaneo inverso accionable para escanear de forma inversa los coeficientes distintos de cero decodificados en coeficientes bidimensionales del bloque; en el que cada una de la pluralidad de tablas de código de longitud variable incluye una pluralidad de códigos de longitud variable que corresponden a los coeficientes distintos de cero,  
 40 en el que dicha unidad de decodificación de longitud variable es accionable para realizar una decodificación de longitud variable en los datos codificados cambiando entre una pluralidad de tablas de código de longitud variable, a cada una de las cuales se le asigna un número de tabla y un umbral de tal manera que a la primera tabla se le asigna el umbral más bajo, y a cada tabla siguiente se le asigna un umbral que es diferente y mayor que todos los umbrales previamente asignados; en el que dicha unidad de decodificación de longitud variable es accionable para comenzar a realizar la  
 45 decodificación de longitud variable en los datos codificados usando la primera tabla y cuando el valor absoluto de un coeficiente distinto de cero actual a decodificar excede el umbral asignado a la tabla usada para decodificar el coeficiente distinto de cero actual, para cambiar la tabla de código a la siguiente tabla de código que tiene el umbral mayor asignado, para cambiar el valor umbral usado para comprobar si los valores absolutos de los coeficientes distintos de cero exceden el umbral, al umbral asignado a dicha tabla cambiada, y para decodificar el siguiente coeficiente distinto de cero a  
 50 continuación del coeficiente actual distinto de cero usando dicha tabla cambiada; y en el que una tasa de aumento en la longitud del código, correspondiente a un aumento en los valores absolutos de los coeficientes, de los códigos de longitud variable incluidos en cada una de las tablas de código de longitud variable se vuelve más pequeña a medida que el número de tabla asignado a cada una de las tablas de código de longitud variable se vuelve más grande.

55

Fig. 1

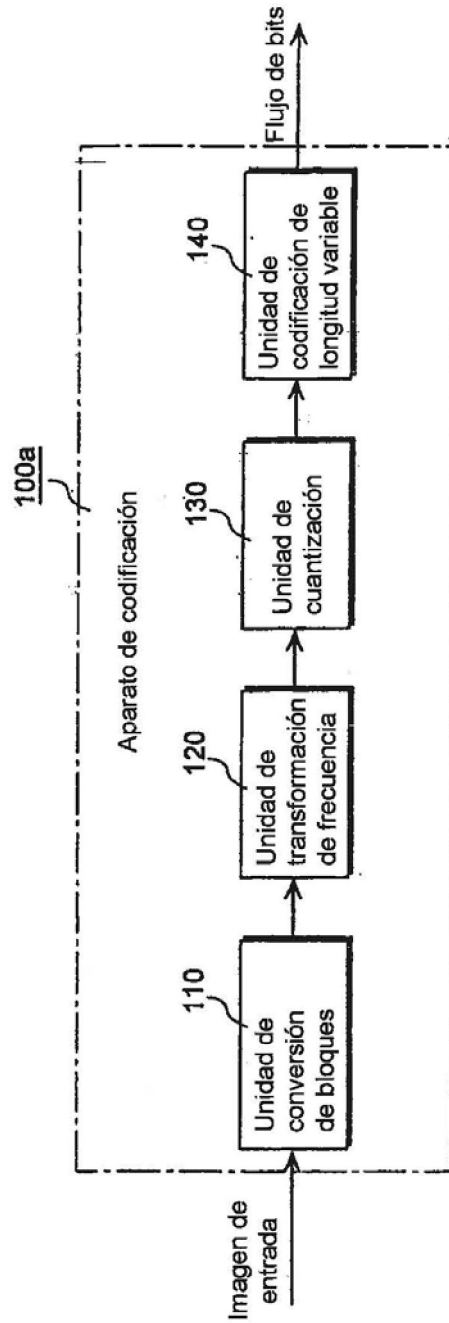


Fig. 2

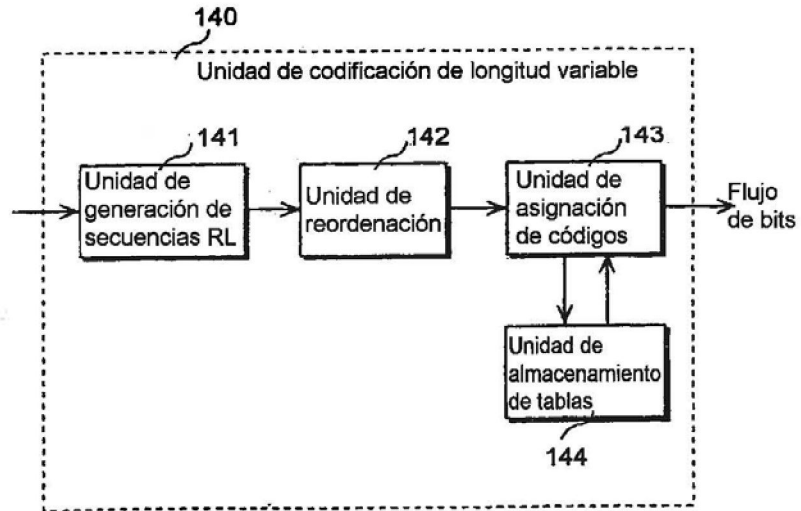


Fig. 3A

-38	9	3	0
-5	-31	2	0
22	-12	-2	1
4	3	-1	0

Fig. 3B

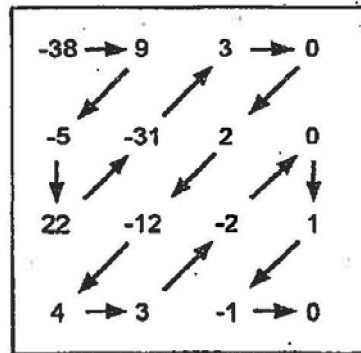


Fig. 4A

(0,-38)  
(0,9)  
(0,-5)  
(0,22)  
(0,-31)  
(0,3)  
(1,2)  
(0,-12)  
(0,4)  
(0,3)  
(0,-2)  
(1,1)  
(0,-1)  
EOB(Fin de bloque)

Fig. 4B

(0,-1)  
(1,1)  
(0,-2)  
(0,3)  
(0,4)  
(0,-12)  
(1,2)  
(0,3)  
(0,-31)  
(0,22)  
(0,-5)  
(0,9)  
(0,-38)  
EOB(Fin de bloque)

Fig. 5

R	L	Número de código
-	0 (EOB)	0
0	1	1
0	-1	2
1	1	3
1	-1	4
2	1	5
2	-1	6
0	2	7
0	-2	8
3	1	9
3	-1	10
4	1	11
4	-1	12
0	3	13
0	-3	14
0	4	15
0	-4	16
...	...	...

Fig. 6

Número de código	Tabla VLC 1	Tabla VLC 2
0	1	100
1	010	101
2	011	110
3	00100	111
4	00101	01000
5	00110	01001
6	00111	01010
7	0001000	01011
8	0001001	01100
9	0001010	01101
10	0001011	01110
11	0001100	01111
12	0001101	0010000
13	0001110	0010001
14	0001111	0010010
15	000010000	0010011
16	000010001	0010100
...	...	...

Fig. 7A

13  
(0,-38)  
(0,9)  
(0,-5)  
(0,22)  
(0,-31)  
(0,3)  
(1,2)  
(0,-12)  
(0,4)  
(0,3)  
(0,-2)  
(1,1)  
(0,-1)

Fig. 7B

13  
(0,-1)  
(1,1)  
(0,-2)  
(0,3)  
(0,4)  
(0,-12)  
(1,2)  
(0,3)  
(0,-31)  
(0,22)  
(0,-5)  
(0,9)  
(0,-38)

Fig. 8

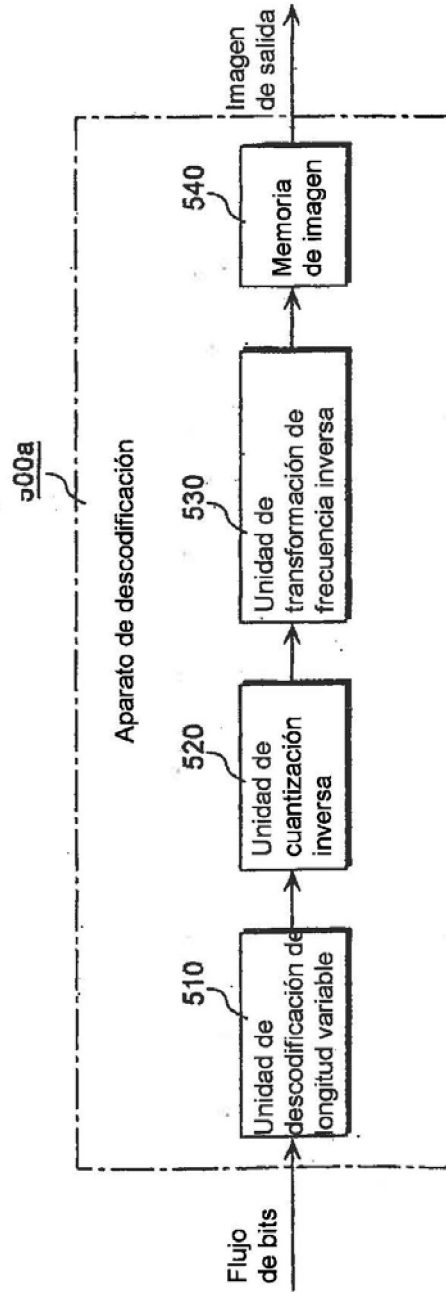


Fig. 9

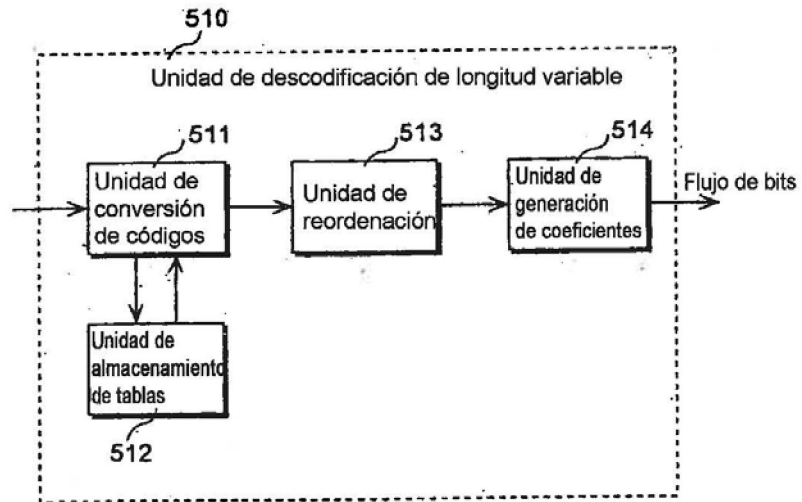


Fig. 10A

(0,-1)  
(1,1)  
(0,-2)  
(0,3)  
(0,-4)  
(0,-12)  
(1,2)  
(0,3)  
(0,-31)  
(0,22)  
(0,-5)  
(0,9)  
(0,-38)  
EOB(Fin de bloque)

Fig. 10B

(0,-38)  
(0,9)  
(0,-5)  
(0,22)  
(0,-31)  
(0,3)  
(1,2)  
(0,-12)  
(0,4)  
(0,3)  
(0,-2)  
(1,1)  
(0,-1)  
EOB(Fin de bloque)

Fig. 11

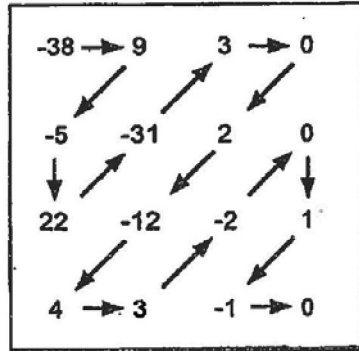


Fig. 12A

13  
(0,-1)  
(1,1)  
(0,-2)  
(0,3)  
(0,4)  
(0,-12)  
(1,2)  
(0,3)  
(0,-31)  
(0,22)  
(0,-5)  
(0,9)  
(0,-38)

Fig. 12B

13  
(0,-38)  
(0,9)  
(0,-5)  
(0,22)  
(0,-31)  
(0,3)  
(1,2)  
(0,-12)  
(0,4)  
(0,3)  
(0,-2)  
(1,1)  
(0,-1)

Fig. 13

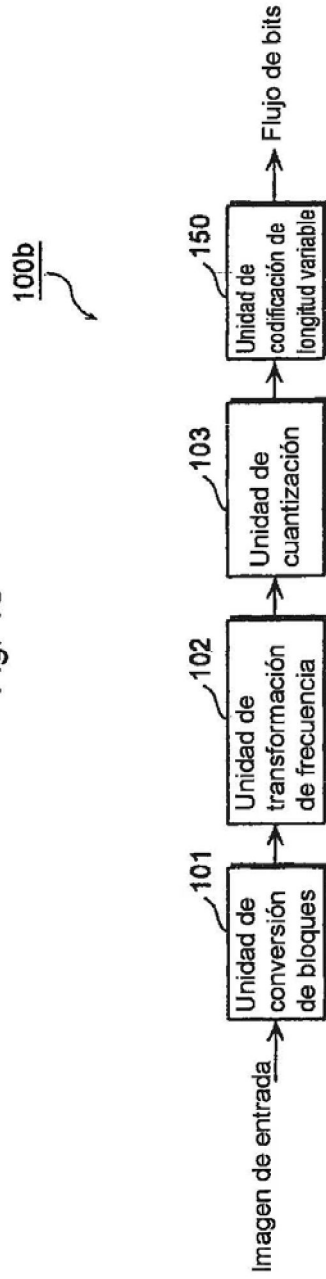


Fig. 14

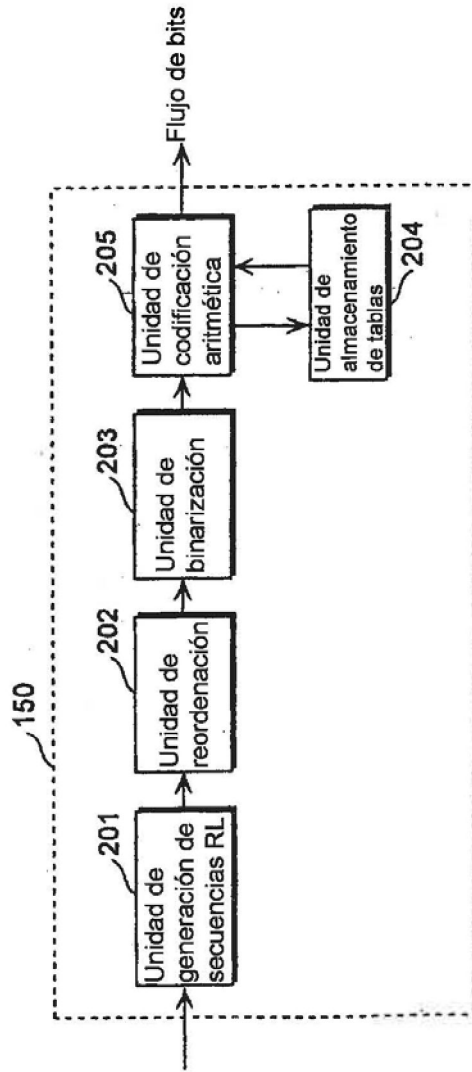


Fig. 15A

-38	9	7	0
-5	-31	2	0
22	-12	-2	0
6	3	0	0

Fig. 15B

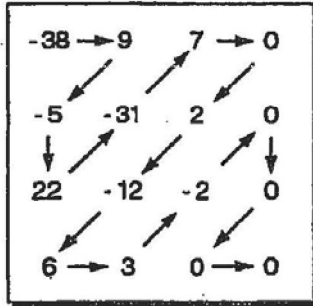


Fig. 16A

- 11
- (0,-38)
- (0,9)
- (0,-5)
- (0,22)
- (0,-31)
- (0,7)
- (1,2)
- (0,-12)
- (0,6)
- (0,3)
- (0,-2)

Fig. 16B

- 11
- (0,-2)
- (0,3)
- (0,6)
- (0,-12)
- (1,2)
- (0,7)
- (0,-31)
- (0,22)
- (0,-5)
- (0,9)
- (0,-38)

Fig. 16C

- 2
- 3
- 6
- 12
- 2
- 7
- 31
- 22
- 5
- 9
- 38

Fig. 17

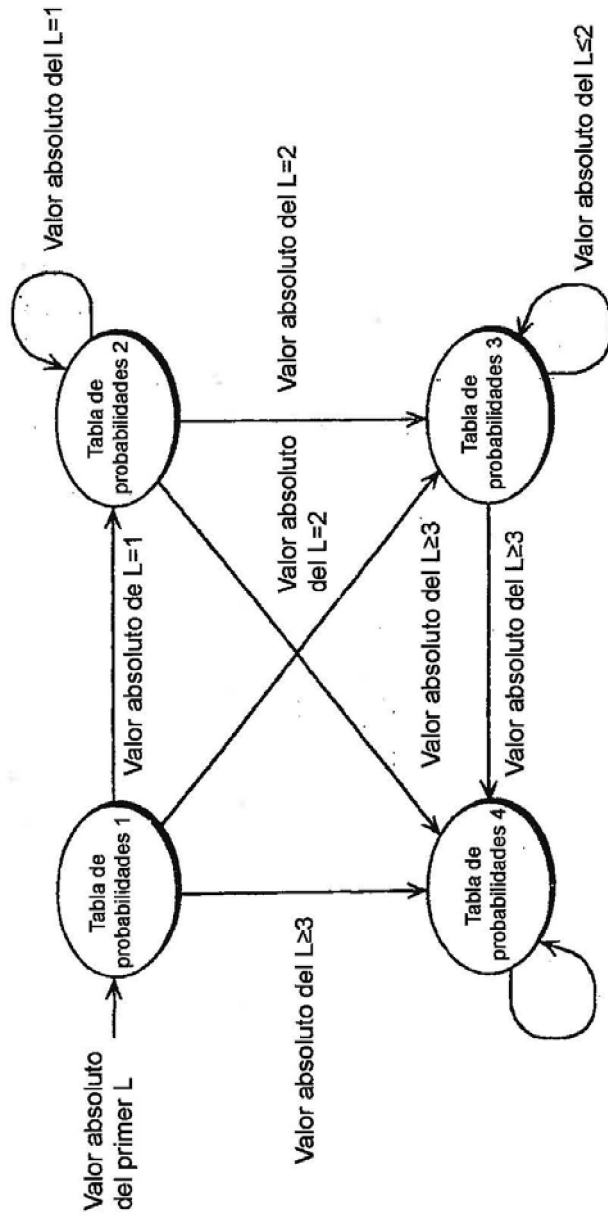


Fig. 18

Tabla de probabilidades 1	[0,1:0,9]
Tabla de probabilidades 2	[0,2:0,8]
Tabla de probabilidades 3	[0,4:0,6]
Tabla de probabilidades 4	[0,7:0,3]

Fig. 19

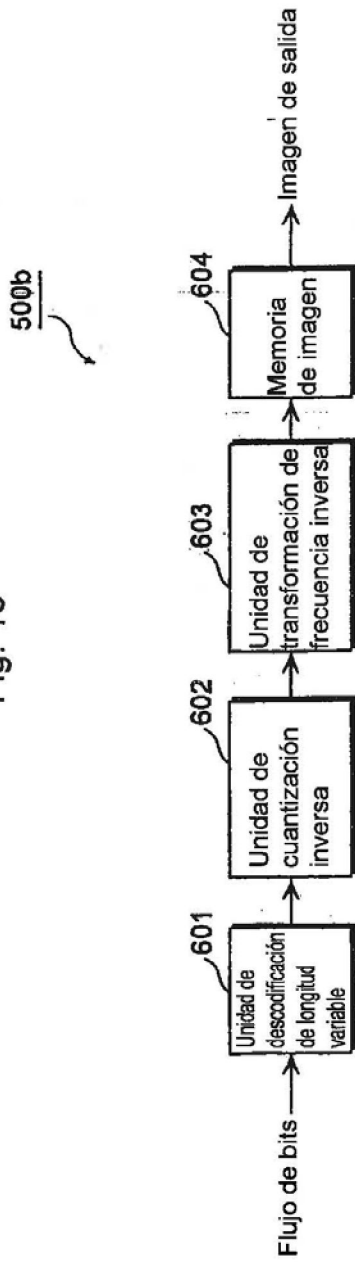


Fig. 20

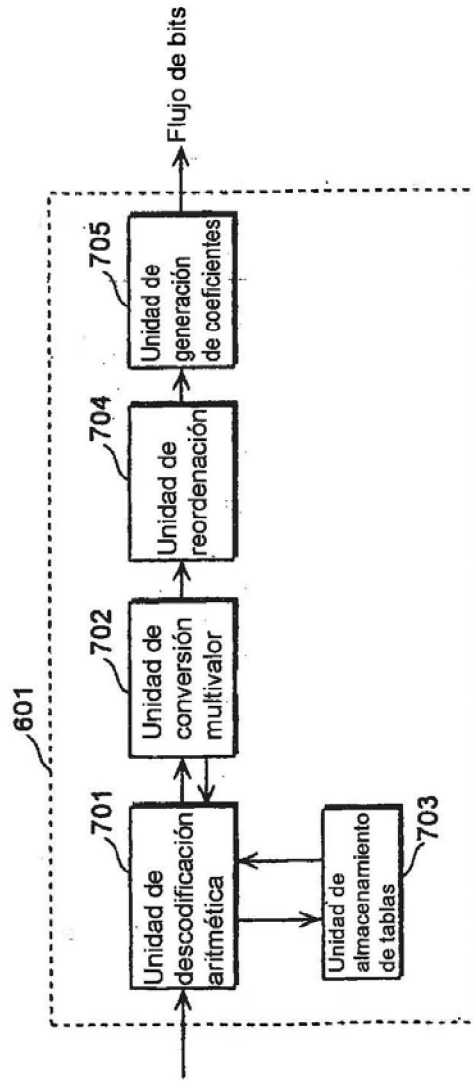


Figura 21

Valor absoluto del coeficiente L	Datos binarios
1	1
2	01
3	001
4	0001
5	00001
6	000001
7	0000001
8	00000001
9	000000001
10	0000000001
...	...

Fig. 22

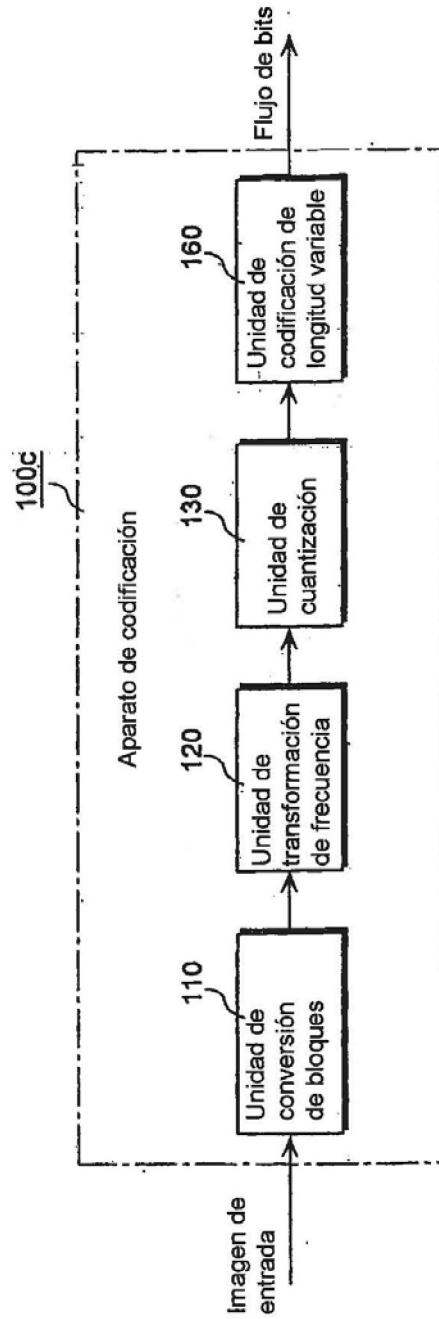


Fig. 23

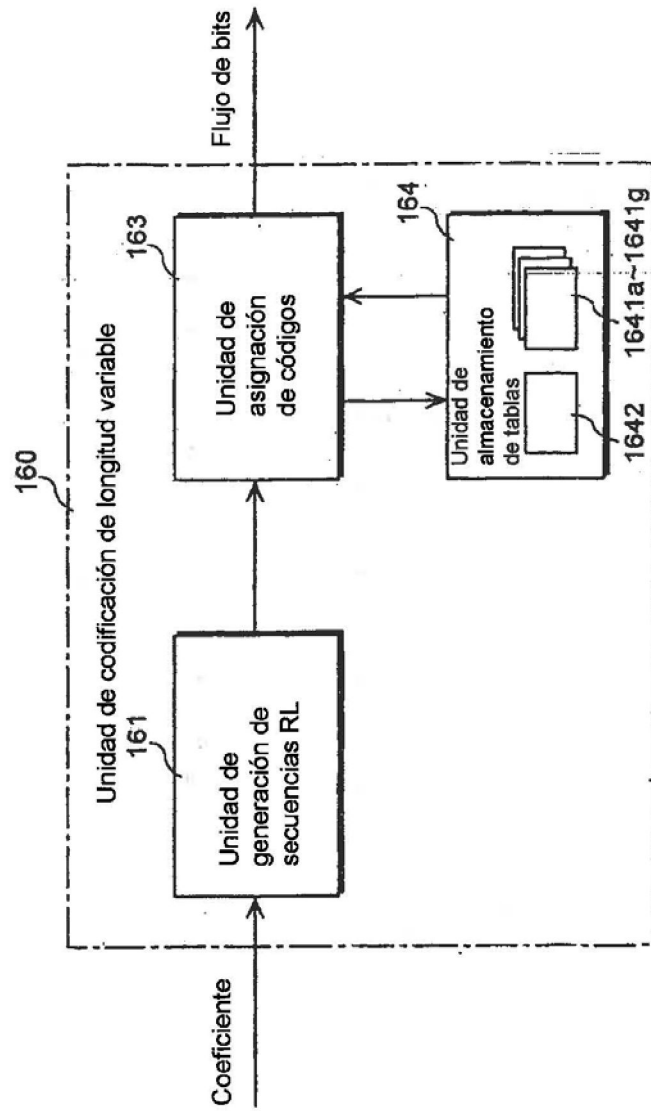


Figura 24A

Número de valores "L"	13												
L	38	9	5	22	31	3	2	12	4	3	2	1	1
Signo	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1

Figura 24B

R	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Figura 25

L	k=0	k=1	k=2	k=3	k=7
1	1	10	100	1000	10000000
2	010	11	101	1001	10000001
3	011	0100	110	1010	10000010
4	00100	0101	111	1011	10000011
5	00101	0110	01000	1100	10000100
6	00110	0111	01001	1101	10000101
7	00111	001000	01010	1110	10000110
8	0001000	001001	01011	1111	10000111
9	0001001	001010	01100	010000	10001000
10	0001010	001011	01101	010001	10001001
:	:	:	:	:	:
25	000011001	00011010	0011100	0010000	10011000
:	:	:	:	:	:
49	00000110001	0000110010	000110100	00111000	10110000
:	:	:	:	:	:
97	000000110000	0000011000	00001100100	0001101000	11100000
	1	10			
:	:	:	:	:	:
40	000000001100	0000000110	00000011001	00000110010111	00100000111
0	10000	010001	0011		1
:	:	:	:	:	:

Figura 26

Valor umbral para valor absoluto de coeficiente
4
7
13
25
49
97
193

Fig. 27

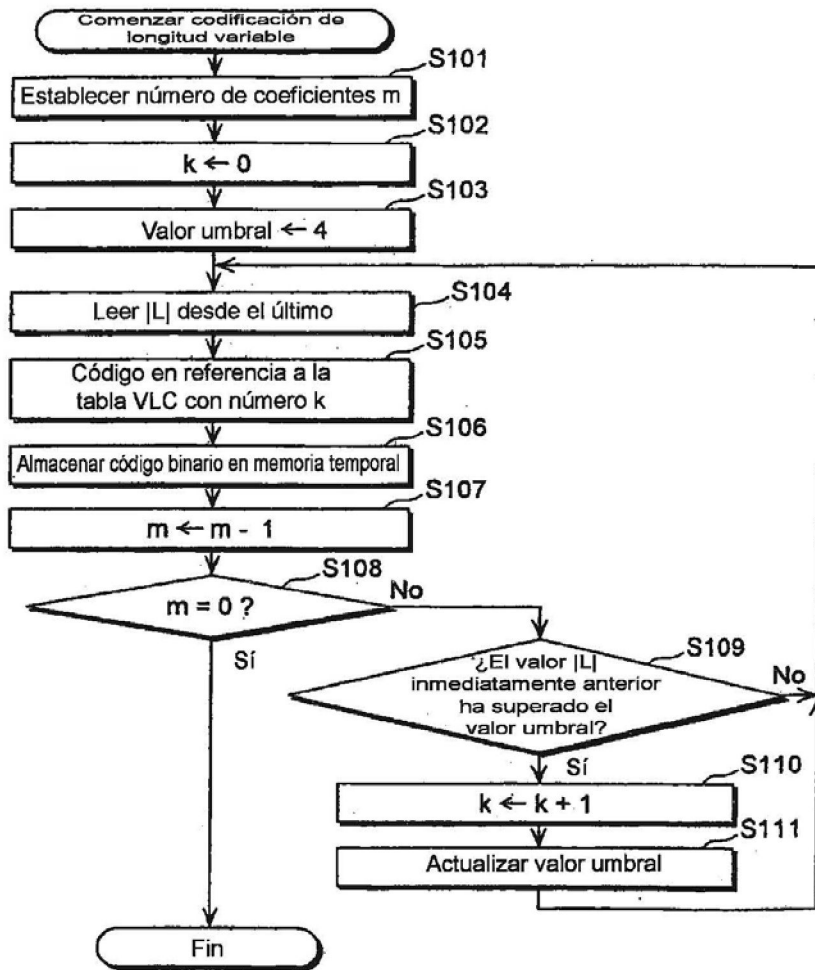


Fig. 28

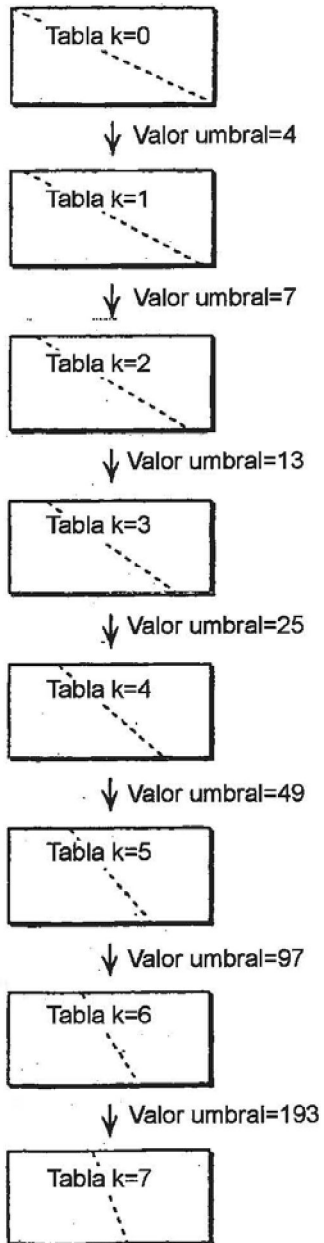
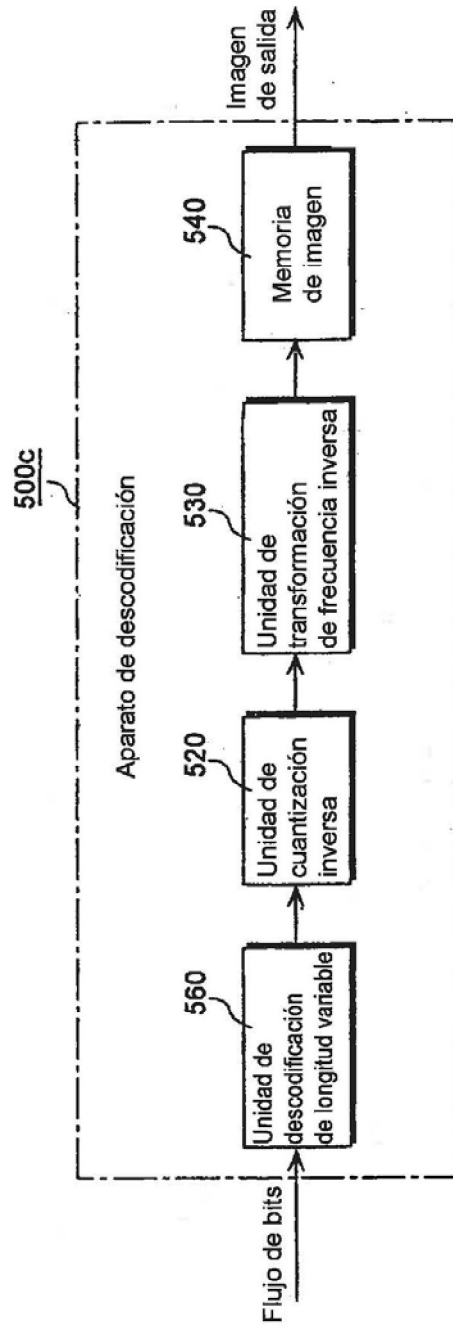
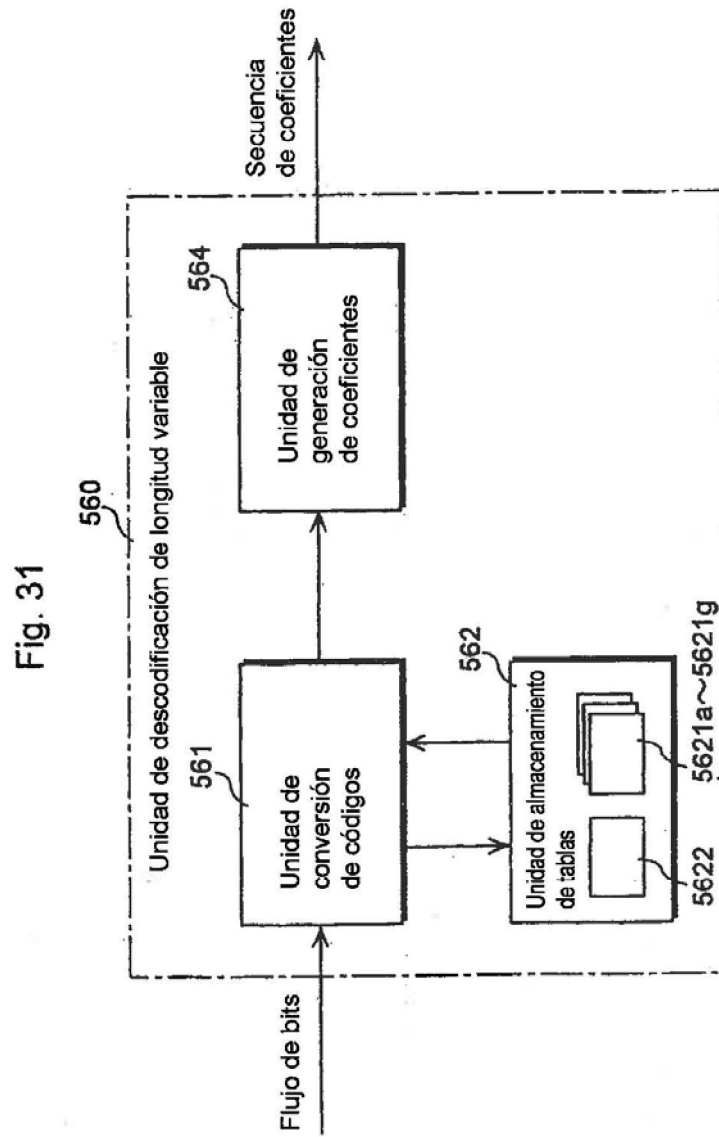


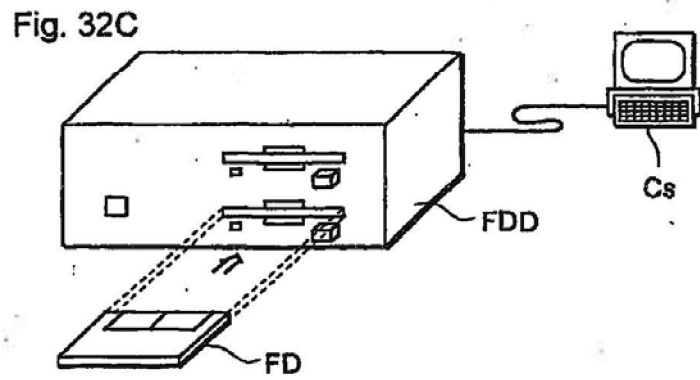
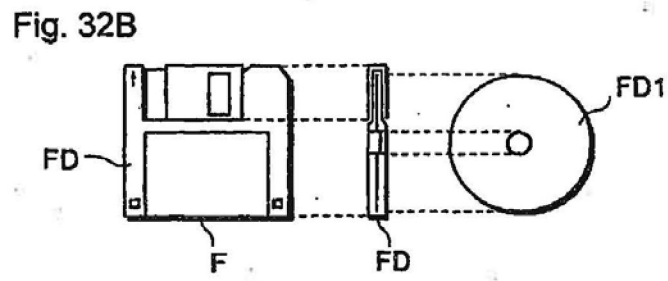
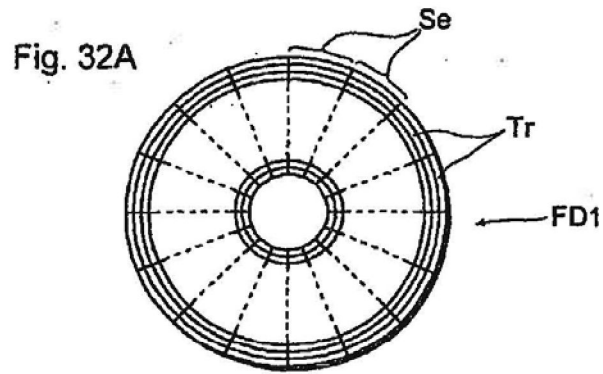
Figura 29

Orden comenzando por el último	L	Número de tabla para su uso	Valor umbra l	Código del longitud variable (código binario)
1	1	k=0	4	1
2	1	k=0	4	1
3	2	k=0	4	010
4	3	k=0	4	011
5	4	k=0	4	00100
6	12	k=0	4	0001100
7	2	k=1	7	11
8	3	k=1	7	0100
9	31	k=1	7	0000100000
10	22	k=2	13	0011001
11	5	k=3	25	1100
12	9	k=3	25	010000
13	38	k=3	25	00101101

Fig. 30







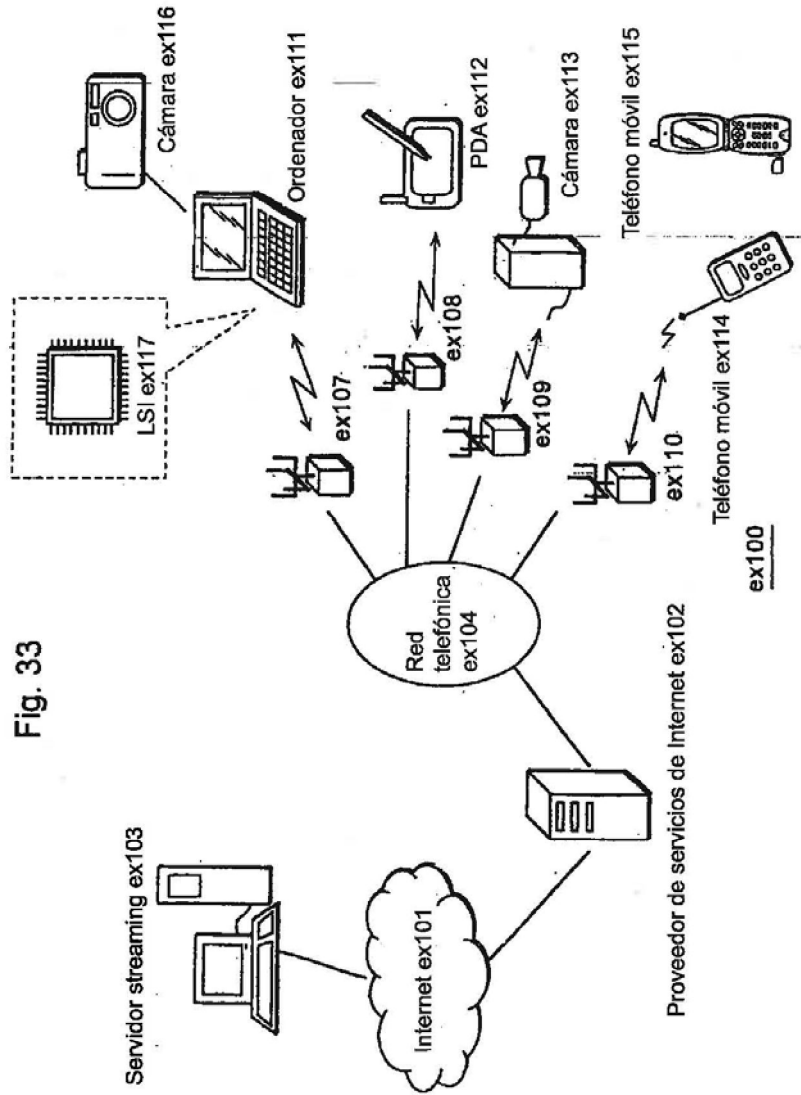


Fig. 33

Fig. 34

