



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 328 118**

(51) Int. Cl.:

**H03M 7/30** (2006.01)

**H04N 7/24** (2006.01)

**H04N 7/26** (2006.01)

**H04N 7/50** (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **02755888 .1**

(96) Fecha de presentación : **08.08.2002**

(97) Número de publicación de la solicitud: **1459449**

(97) Fecha de publicación de la solicitud: **22.09.2004**

(54) Título: **Cuantificación y normalización combinadas basadas en una representación mantisa - exponente de una función de un parámetro de cuantificación.**

(30) Prioridad: **09.08.2001 US 311436 P**  
**30.11.2001 US 319018 P**  
**02.05.2002 US 139036**

(73) Titular/es: **Sharp Kabushiki Kaisha**  
**22-22, Nagaike-cho, Abeno-ku**  
**Osaka-shi, Osaka 545-8522, JP**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**10.11.2009**

(72) Inventor/es: **Kerofsky, Louis Joseph**

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**10.11.2009**

(74) Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 328 118 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

Cuantificación y normalización combinadas basadas en una representación mantisa - exponente de una función de un parámetro de cuantificación.

5

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

Esta invención se refiere en general a técnicas de compresión de vídeo, y más en concreto a un método para reducir el tamaño de bits requerido en el cálculo de transformaciones de codificación de vídeo.

**2. Descripción de la técnica relacionada**

Un formato de información de vídeo proporciona información visual adecuada para activar una pantalla de televisión o para el almacenamiento en una cinta de vídeo. En general, los datos de vídeo se organizan en un orden jerárquico. Una secuencia de vídeo se divide en grupos de cuadros, y cada grupo puede componerse de una serie de cuadros individuales. Cada cuadro es aproximadamente equivalente a una imagen fija, con las imágenes fijas actualizándose con la frecuencia suficiente como para simular la presentación de un movimiento continuo. Un cuadro se divide además en sectores, o secciones horizontales, lo que ayuda al diseño de la resistencia del sistema a errores. Cada sector se codifica de forma independiente de modo que los errores no se propagan a través de los sectores. Un sector consta de macrobloques. En los estándares H.26P y del Grupo de Expertos de Imágenes en Movimiento (MPEG)-X, un macrobloque se compone de 16 x 16 píxeles luma y de un conjunto correspondiente de píxeles chroma, en función del formato de vídeo. Un macrobloque tiene siempre un número entero de bloques, siendo la unidad menor de codificación la matriz de 8 x 8 píxeles.

La compresión de vídeo es un componente crítico para cualquier aplicación que requiera la transmisión o almacenamiento de datos de vídeo. Las técnicas de compresión compensan el movimiento mediante reutilizar información almacenada en diferentes áreas del cuadro (redundancia temporal). La compresión también se produce mediante transformar datos en el dominio espacial, al dominio de frecuencias. La compresión de vídeo digital híbrida, que explota la redundancia temporal mediante compensación del movimiento y la redundancia espacial mediante transformación, tal como la transformada de coseno discreta (DCT, Discrete Cosine Transform), ha sido adaptada como base en los estándares internacionales H.26P y MPEG-X.

Como se indica en la patente de EE.UU. 6 317 767 (de Wang), la DCT y la transformada de coseno discreta inversa (IDCT, inverse discrete cosine transform) se utilizan ampliamente en el procesamiento de señales de datos de imagen. Por ejemplo, ambas se utilizan en los estándares internacionales para la compresión de vídeo de imagen en movimiento, desarrollado por el MPEG. La DCT tiene ciertas propiedades que producen modelos de codificación simplificados y eficientes. Cuando se aplica a una matriz de datos de píxeles, la DCT es un método de descomposición de un bloque de datos en una suma ponderada de frecuencias espaciales, o coeficientes DCT. A la inversa, la IDCT se utiliza para transformar de vuelta una matriz de coeficientes DCT en los datos de píxeles.

Los codificadores-descodificadores de vídeo digital (DV) son un ejemplo de un dispositivo que utiliza un método de compresión de datos basado en DCT. En la etapa de formación de bloques, el cuadro de imagen se divide en N por N bloques de información de píxeles que incluyen, por ejemplo, datos de brillo y color para cada píxel. Un tamaño de bloque común es ocho píxeles horizontales por ocho píxeles verticales. A continuación los bloques de píxeles se "mezclan" de modo que varios bloques de diferentes partes de la imagen se agrupan entre sí. El mezclado mejora la uniformidad en la calidad de la imagen.

Se graba diferentes campos en diferentes episodios de tiempo. Para cada bloque de datos de píxel, un detector de movimiento busca diferencias entre dos campos de un cuadro. La información del movimiento se envía a la siguiente etapa del proceso. En la siguiente etapa, la información de píxeles se transforma utilizando una DCT. Por ejemplo, una DCT 8-8 toma ocho entradas y devuelve ocho salidas en las direcciones vertical y horizontal. A continuación se ponderan coeficientes DCT resultantes, mediante multiplicar cada bloque de coeficientes DCT por constantes de ponderación.

Los coeficientes DCT ponderados se cuantifican en la siguiente etapa. La cuantificación redondea cada coeficiente de DCT dentro de cierto rango de valores, para que sean el mismo número. La cuantificación tiende a fijar a cero los componentes de mayor frecuencia de la matriz de frecuencias, lo que tiene como resultado una cantidad mucho menor de datos a almacenar. No obstante, puesto que el ojo humano es más sensible a bajas frecuencias, en esta etapa se pierde muy poca calidad de imagen perceptible.

La etapa de cuantificación incluye convertir la matriz bidimensional de coeficientes cuantificados en un flujo de datos lineal, unidimensional, mediante leer los valores de la matriz en un esquema en zigzag y dividir en segmentos el flujo lineal unidimensional de coeficientes cuantificados, donde cada segmento consiste en una cadena de coeficientes cero seguidos por un coeficiente cuantificado distinto de cero. A continuación se lleva a cabo codificación de longitud variable (VLC, variable length coding) mediante transformar cada segmento, que consiste en dicho número de coeficientes cero y la amplitud del coeficiente distinto de cero en el segmento, en una clave de longitud variable.

Finalmente, un proceso de creación de cuadros empaqueta cada 30 bloques de coeficientes cuantificados codificados de longitud variable, en cinco bloques de sincronización de longitud fija.

La descodificación es esencialmente la inversa del proceso de codificación descrito arriba. En primer lugar se deshace la división del flujo digital en cuadros. A continuación la descodificación de longitud variable (VLD) desempaqueta los datos de modo que estos pueden restaurarse a los coeficientes individuales. Tras la cuantificación inversa de los coeficientes se aplica la ponderación inversa y la transformación coseno discreta inversa (IDCT) al resultado. Las ponderaciones inversas son los multiplicativos inversos de las ponderaciones que se aplica en el proceso de codificación. La salida de la función de ponderación inversa se procesa después mediante la IDCT.

Se ha llevado a cabo mucho trabajo estudiando medios para reducir la complejidad en el cálculo de la DCT y la IDCT. Los algoritmos que calculan IDCTs bidimensionales son denominados algoritmos del "tipo I". Los algoritmos del tipo I son fáciles de implementar en una máquina en paralelo, es decir en un ordenador compuesto de una pluralidad de procesadores que funcionan simultáneamente en paralelo. Por ejemplo, cuando se utiliza N procesadores en paralelo para realizar una multiplicación matricial de N por N matrices, puede realizarse simultáneamente multiplicaciones de N columnas. Adicionalmente, puede diseñarse una máquina en paralelo de forma que contenga equipamiento físico o instrucciones de software especiales para llevar a cabo transposición rápida de matrices.

Una desventaja de los algoritmos del tipo I es que se requiere más multiplicaciones. La secuencia de cálculo de los algoritmos del tipo I implica dos multiplicaciones de matrices separadas por una transposición de matriz que, si por ejemplo  $N = 4$ , requiere 64 sumas y 48 multiplicaciones para un número total de 112 instrucciones. Es bien sabido por los técnicos en la materia que la realización de multiplicaciones consume mucho tiempo en los procesadores, y que a menudo el rendimiento del sistema se optimiza mediante reducir el número de multiplicaciones realizadas.

También puede obtenerse una IDCT bidimensional mediante convertir la traspuesta de la matriz de entrada en un vector unidimensional, utilizando una función L. A continuación se obtiene el producto tensorial de una constante por una matriz. Después se multiplica el producto tensorial por el vector unidimensional L. El resultado se convierte de nuevo en una matriz  $N \times N$  utilizando la función M. Asumiendo que  $N = 4$ , el número total de instrucciones utilizadas por esta secuencia de cálculo es de 92 instrucciones (68 sumas y 24 multiplicaciones). Los algoritmos que llevan a cabo IDCTs bidimensionales utilizando esta secuencia de cálculo se denominan algoritmos del "tipo II". En los algoritmos del tipo II, las dos matrices constantes se agrupan entre sí, y se realizan una sola operación. La ventaja de los algoritmos del tipo II es que típicamente necesitan menos instrucciones (92 frente a 112), y en concreto menos de las costosas multiplicaciones (24 frente a 48). Sin embargo, los algoritmos del tipo II son muy difíciles de implementar con eficiencia en una máquina en paralelo. Los algoritmos del tipo II tienden a reordenar los datos con mucha frecuencia, y reordenar los datos en una máquina en paralelo consume mucho tiempo.

Si bien existen numerosos algoritmos de tipo I y de tipo II para implementar IDCTs, la descuantificación se ha tratado como una etapa independiente en función de los cálculos de DCT e IDCT. Los esfuerzos para proporcionar definiciones exactas en bits en DCT e IDCT han conducido al desarrollo de transformadas integrales eficientes. Estas transformadas integrales incrementan típicamente el rango dinámico de los cálculos. Como resultado, la implementación de estos algoritmos requiere procesamiento y almacenamiento de datos que consiste en más de 16 bits.

Sería una ventaja que los coeficientes cuantificados de la etapa intermedia pudieran limitarse a un tamaño máximo en los procesos de transformación.

Sería una ventaja que pudiera desarrollarse un proceso de cuantificación que fuera útil para procesadores de 16 bits.

Sería una ventaja que pudiera implementarse de forma eficiente y con un procesador de 16 bits una implementación de descodificador, una descuantificación y una transformada inversa. Análogamente, sería una ventaja que la multiplicación pudiera realizarse con no más de 16 bits, y que el acceso de memoria no necesitarse más de 16 bits.

## Resumen de la invención

La presente invención es un proceso mejorado para comprensión de video. Los típicos algoritmos de codificación de video predicen un cuadro a partir de cuadros previamente codificados. El error se somete a una transformada y los valores resultantes son cuantificados. El cuantificador controla el grado de compresión. El cuantificador controla la cantidad de información utilizada para presentar el video y la calidad de la reconstrucción.

El problema es la interacción de la transformada y la cuantificación, en la codificación de video. En el pasado, la transformada y el cuantificador se han diseñado independientemente. La transformada, típicamente la transformada de coseno discreta, se normaliza. El resultado de la transformada se cuantifica de formas estándar utilizando cuantificación escalar o vectorial. En el trabajo previo MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4, H.261, H.263, la definición de la transformada inversa no han sido exacta en bits. Esto permite al implementador cierta libertad para seleccionar un algoritmo de transformada apropiado para su plataforma. Un inconveniente de este enfoque es la posibilidad de que el desajuste codificador/descodificador dañe el bucle predictivo. Para resolver este problema de desajuste, periódicamente se codifica sin predicción partes de la imagen. Los trabajos actuales, por ejemplo H.26L, se han centrado en utilizar transformadas enteras que permiten la definición exacta en bits. Las transformadas enteras no pueden normalizarse. La

## ES 2 328 118 T3

transformada se diseña de modo que puede utilizarse un desplazamiento final para normalizar los resultados del cálculo, en lugar de divisiones intermedias. La cuantificación también requiere división. H.26L proporciona un ejemplo de cómo se utiliza estas transformadas enteras junto con cuantificación.

- 5 En el actual modelo de prueba a largo plazo (TML, Test Model Long-term) H.26L, la normalización se combina con cuantificación y se implementa a través de multiplicaciones de enteros y desplazamientos, seguido por transformada directa y cuantificación, y seguido por descuantificación y transformada inversa. El TML de H.26L utiliza dos series de enteros  $A(QP)$  y  $B(QP)$  indexadas por el parámetro de cuantificación (QP), véase la tabla 1. Estos valores están limitados por la relación mostrada en la siguiente ecuación 1.

TABLA 1

*Parámetros de cuantificación TML*

QP	$A_{TML}(QP)$	$B_{TML}(QP)$
0	620	3881
1	553	4351
2	492	4890
3	439	5481
4	391	6154
5	348	6914
6	310	7761
7	276	8718
8	246	9781
9	219	10987
10	195	12339
11	174	13828
12	155	15523
13	138	17435
14	123	19561
15	110	21873
16	98	24552
17	87	27656
18	78	30847

## ES 2 328 118 T3

19	69	34870
20	62	38807
21	55	43747
22	49	49103
23	44	54683
24	39	61694
25	35	68745
26	31	77615
27	27	89113
28	24	100253
29	22	109366
30	19	126635
31	17	141533

Ecuación 1

*Relación de cuantificación/normalización conjuntas*

$$A(QP) \cdot B(QP) \cdot 676^2 = 2^{40}.$$

La normalización y cuantificación se llevan a cabo simultáneamente utilizando estos enteros y divisiones por potencias de 2. La codificación de la transformada en H.26L utiliza un bloque de tamaño 4 x 4 y una matriz de transformada entera T, ecuación 2. Para un bloque X de 4 x 4, los coeficientes de transformada K se calculan como en la ecuación 3. A partir de los coeficientes de transformada, los niveles de cuantificación L se calculan por multiplicación de enteros. En el decodificador, los niveles se utilizan para calcular un nuevo conjunto de coeficientes K'. Se utiliza transformadas adicionales de matriz entera seguidas por un desplazamiento, para calcular los valores reconstruidos X'. Se da libertad al decodificador en el cálculo y redondeo de la transformada directa. Tanto el codificador como el decodificador deben calcular exactamente la misma respuesta para los cálculos inversos.

Ecuación 2

*Matriz de transformada 8 del modelo de prueba H.26L*

$$T = \begin{pmatrix} 13 & 13 & 13 & 13 \\ 17 & 7 & -7 & -17 \\ 13 & -13 & -13 & 13 \\ 7 & -17 & 17 & -7 \end{pmatrix}$$

Ecuación 3

*DCT\_LUMA y IDCT\_LUMA en TML*

$$\begin{aligned}
 Y &= T \cdot X \\
 K &= Y \cdot T^T \\
 L &= (A_{TML}(QP) \cdot K) / 2^{20} \\
 K' &= B_{TML}(QP) \cdot L \\
 Y' &= T^T \cdot K' \\
 X' &= (Y' \cdot T) / 2^{20}
 \end{aligned}$$

Donde el resultado intermedio Y es el resultado de una transformada dimensional y el resultado intermedio Y' es el resultado de una transformada inversa dimensional.

El rango dinámico requerido durante estos cálculos puede determinarse. La aplicación principal involucra una entrada de 9 bits, 8 bits más el signo; el rango dinámico requerido por los registros intermedios y los accesos de memoria se presentan en la tabla 2.

TABLA 2

*Rango dinámico de transformadas y transformadas inversas TML (bits)*

Entrada de 9 bits	Transformada LUMA	Transformada inversa
Registro	30	27
Memoria	21	26

Para mantener definiciones exactas en bits e incorporar cuantificación, el rango dinámico de resultados intermedios puede ser grande puesto que se pospone las operaciones de división. La presente invención combina cuantificación y normalización para eliminar el crecimiento del rango dinámico de los resultados intermedios. Con la presente invención se mantiene las ventajas de la transformada inversa exacta en bits y las definiciones de cuantificación, controlándose a la vez la profundidad de bits necesaria para estos cálculos. Reducir la profundidad de bits necesaria reduce la complejidad requerida de una implementación en equipamiento físico, y permite un uso eficiente de operaciones de una instrucción y múltiples datos (SIMD, single instruction multiple data), tal como el conjunto de instrucciones MMX de Intel.

Por consiguiente, la presente invención proporciona un método de descodificación de video acorde con la reivindicación 1.

A continuación se proporciona detalles adicionales del método descrito arriba, que incluyen un método para crear un valor de descuantificación (X1) a partir del valor de cuantificación, utilizando una parte de mantisa (Bm(QP)) y una parte exponencial ( $x^{\text{Be}(QP)}$ ).

## Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama de flujo que ilustra el método de la presente invención para la cuantificación de un coeficiente.

Las figuras 2 a 9 muestran realizaciones de la presente invención que comprenden sistemas y métodos para la codificación de video.

### Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Los requisitos del rango dinámico de la transformada y cuantificación combinadas se reducen al factorizar los parámetros de cuantificación  $A(QP)$  y  $B(QP)$  en términos de mantisa y exponente, como se muestra en la ecuación 4. Con esta estructura, durante el cálculo solo es necesario preservar la precisión debida al término de mantisa. El término de exponente puede incluirse en el desplazamiento de normalización final. Esto se ilustra en la ecuación 5 de cálculo de muestra.

Ecuación 4

Estructura de parámetros de cuantificación

$$A_{propuesta}(QP) = A_{mantisa}(QP) \cdot 2^{A_{exponente}(QP)}$$

$$B_{propuesta}(QP) = B_{mantisa}(QP) \cdot 2^{B_{exponente}(QP)}$$

Ecuación 5

Transformada LUMA con *prof\_bits* reducida

$$Y = T \cdot X$$

$$K = Y \cdot T^T$$

$$L = (A_{mantisa}(QP) \cdot K) / 2^{2^{1-A_{exponente}(QP)}}$$

$$K' = T^T \cdot L$$

$$Y' = K' \cdot T$$

$$X' = (B_{mantisa}(QP) \cdot Y') / 2^{2^{1-B_{exponente}(QP)}}$$

Para ilustrar la presente invención se presenta un conjunto de parámetros de cuantificación que reduce los requisitos de rango dinámico de un decodificador H.26L, a accesos de memoria de 16 bits. El acceso de memoria de la transformada inversa se reduce a 16 bits. Se definen valores de  $A_{mantisa}$ ,  $A_{exponente}$ ,  $B_{mantisa}$ ,  $B_{exponente}$ ,  $A_{propuesta}$ ,  $B_{propuesta}$  para  $QP = 0 - 5$  como se muestra en la tabla 3. Los valores adicionales se determinan por recurrencia, como se muestra en la ecuación 6. La estructura de estos valores hace posible generar nuevos valores de cuantificación que se añaden a los especificados.

TABLA 3

Valores de cuantificación 0 - 5 para TML

QP	$A_{mantisa}$	$A_{exponente}$	$B_{mantisa}$	$B_{exponente}$	$A_{propuesta}$	$B_{propuesta}$
0	5	7	235	4	640	3760
1	9	6	261	4	576	4176
2	127	2	37	7	508	4736
3	114	2	165	5	456	5280
4	25	4	47	7	400	6016
5	87	2	27	8	348	6912

Ecuación 6

*Relaciones de recurrencia*

$$A_{\text{mantisa}}(QP + 6) = A_{\text{mantisa}}(QP)$$

$$B_{\text{mantisa}}(QP + 6) = B_{\text{mantisa}}(QP)$$

$$A_{\text{exponente}}(QP + 6) = A_{\text{exponente}}(QP) - 1$$

$$B_{\text{exponente}}(QP + 6) = B_{\text{exponente}}(QP) + 1$$

Utilizando los parámetros definidos, los cálculos de transformada puede modificarse para reducir el rango dinámico, como se muestra en la ecuación 5. Nótese cómo solo los valores de mantisa contribuyen al incremento del rango dinámico. Los factores de exponente se incorporan a la normalización final y no tienen impacto sobre el rango dinámico de los resultados intermedios.

Con estos valores y el método de cálculo, se reduce el rango dinámico en el decodificador de modo que solo se requiere acceso de memoria de 16 bits, como se ve en la tabla 4.

TABLA 4

*Rango dinámico con cuantificación de baja profundidad de bits ( $QP > 6$ )*

8-bit	Transformada LUMA	Transformada LUMA Inversa
Registro	28	24
Memoria	21	16

Puede aplicarse varios refinamientos al procedimiento conjunto de cuantificación/normalización descrito arriba. La técnica general de factorizar los parámetros en una mantisa y un exponente forma la base de estos refinamientos.

La discusión anterior asume que todas estas funciones base de la transformada tienen una norma igual y están cuantificadas de forma idéntica. Algunas transformadas enteras tienen la propiedad de que diferentes funciones base tienen normas diferentes. La técnica de la presente invención se ha generalizado para soportar transformadas que tienen diferentes normas, mediante sustituir los anteriores escalares  $A(QP)$  y  $B(QP)$  por matrices  $A(QP)[i][j]$  y  $B(QP)[i][j]$ . Estos parámetros están conectados por la relación de normalización de la forma mostrada abajo, ecuación 7, que es más general que la simple relación mostrada en la ecuación 1.

Ecuación 7

*Cuantificación/normalización conjunta de matrices*

$$A(QP)[i][j] \cdot B(QP)[i][j] = N[i][j]$$

Siguiendo el método descrito previamente, cada elemento de cada matriz es factorizado en un término de mantisa y un término de exponente como se muestra en las siguientes ecuaciones, ecuación 8.



Ecuación 8

*Factorización de parámetros de matriz*

5

$$A(QP)[i][j] = A_{\text{mantisa}}(QP)[i][j] \cdot 2^{A_{\text{exponente}}(QP)[i][j]}$$

$$B(QP)[i][j] = B_{\text{mantisa}}(QP)[i][j] \cdot 2^{B_{\text{exponente}}(QP)[i][j]}$$

10

Se requiere un número mayor de parámetros para describir estos parámetros de cuantificación y descuantificación. Puede utilizarse varias relaciones estructurales para reducir el número de parámetros libres. El crecimiento del cuantificador se diseña de manera que los valores de A se dividen entre dos tras cada periodo P, al mismo tiempo que los valores de B se duplican manteniendo la relación de normalización. Adicionalmente, los valores de  $A_{\text{exponente}}(QP)[i][j]$  y  $B_{\text{exponente}}(QP)[i][j]$  son independientes de i, j y (QP) en el rango [0, P - 1]. Esta estructura se resume mediante ecuaciones estructurales, ecuación 9. Con esta estructura hay solo dos parámetros  $A_{\text{exponente}}[0]$  y  $B_{\text{exponente}}[0]$ .

Ecuación 9

20

*Estructura de términos de exponente*

25

$$A_{\text{exponente}}(QP)[i][j] = A_{\text{exponente}}[0] - QP/P$$

$$B_{\text{exponente}}(QP)[i][j] = B_{\text{exponente}}[0] + QP/P$$

30

También se define una estructura para los valores de mantisa. Para cada par de índices (i, j), los valores de mantisa son periódicos con periodo P. Este se resume mediante la relación estructural, ecuación 10. Con esta estructura, hay P matrices independientes para  $A_{\text{mantisa}}$  y P matrices independientes para  $B_{\text{mantisa}}$ , reduciéndose los requisitos de memoria y añadiendo estructura a los cálculos.

Ecuación 10

*Estructura de términos de mantisa*

40

$$A_{\text{mantisa}}(QP)[i][j] = A_{\text{mantisa}}(QP \% P)[i][j]$$

$$B_{\text{mantisa}}(QP)[i][j] = B_{\text{mantisa}}(QP \% P)[i][j]$$

45

La transformada inversa puede incluir la división entera, que requiere redondeo. En los casos de interés la división es por una potencia de 2. El error de redondeo se reduce de mediante diseñar los factores de cuantificación para que sean múltiplos de la misma potencia de 2, lo que no deja resto en la división siguiente.

50

La descuantificación utilizando los valores de mantisa  $B_{\text{mantisa}}(QP)$  proporciona valores descuantificados que se normalizan de forma diferente en función de qp. Esto debe compensarse para la siguiente transformada inversa. Se muestra una forma de este cálculo en la ecuación 11.

Ecuación 11

55

*Normalización de transformada inversa I*

60

$$K[i][j] = B_{\text{mantisa}}(QP \% P)[i][j] \cdot \text{Nivel}[i][j]$$

$$X = (T^{-1} \cdot K \cdot T) / 2^{(N - QP/P)}$$

65

En la ecuación 11, Nivel[i][j] es la versión cuantificada de los coeficientes transformados y se denomina “valor de cuantificación”.  $K[i][j]$  es la versión a escala de los coeficientes transformados y se denomina “valor de descuantificación”.

Para eliminar la necesidad de la transformada inversa con el objeto de compensar esta diferencia de normalización, la operación de descuantificación se define de manera que todos los valores descuantificados tengan la misma normalización. La forma de este cálculo se muestra en la ecuación 12.

Ecuación 12

*Normalización de transformada inversa II*

$$K[i][j] = B_{mantisa}(QP \% P)[i][j] \cdot 2^{QP/P} \cdot Nivel[i][j]$$

$$X = (T^{-1} \cdot K \cdot T) / 2^N$$

La potencia de 2 puede calcularse mediante utilizar la operación de desplazamiento a la izquierda, y el valor de descuantificación  $K[i][j]$  en la ecuación 12 se proporciona como sigue.

$$K[i][j] = [B_{mantisa} \cdot Nivel[i][j]] \ll (QP / P)$$

Sigue un ejemplo que ilustra el uso de la matriz de cuantificación en la presente invención. Las transformadas directa e inversa definidas en la ecuación 13 requieren una matriz de cuantificación en lugar de un simple valor de cuantificación escalar. Se proporciona parámetros de cuantificación y descuantificación de una muestra. Las ecuaciones 14 y 16 ilustran, junto con los cálculos relacionados, el uso de esta invención. Este ejemplo utiliza un período de  $P = 6$ . En la ecuación 14,  $A_{mantisa}$  está representado por  $Q$ , y  $QP$  está representado por  $m$ . En la ecuación 16,  $B_{mantisa}$  está representado por  $R$ , y  $QP$  está representado por  $m$ .

Ecuación 13

*Transformadas*

$$T_{directa} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & -2 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -2 & 2 & -1 \end{pmatrix}$$

$$T_{inversa} = \begin{pmatrix} 2 & 2 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & -2 & -2 \\ 2 & -2 & -2 & 2 \\ 2 & -1 & 2 & -1 \end{pmatrix}$$

Ecuación 14

*Parámetros de cuantificación*

$$Q(m)[i][j] = M_{m,0} \text{ para } (i, j) = \{(0,0), (0,2), (2,0), (2,2)\}$$

$$Q(m)[i][j] = M_{m,1} \text{ para } (i, j) = \{(1,1), (1,3), (3,1), (3,3)\}$$

$$Q(m)[i][j] = M_{m,2} \text{ en cualquier otro caso}$$

$$M = \begin{bmatrix} 21844 & 8388 & 13108 \\ 18724 & 7625 & 11650 \\ 16384 & 6989 & 10486 \\ 14564 & 5992 & 9532 \\ 13107 & 5243 & 8066 \\ 11916 & 4660 & 7490 \end{bmatrix}$$

Ecuación 16

*Parámetros de descuantificación*

$$R(m)[i][j] = S_{m,0} \text{ para } (i, j) = \{(0,0), (0,2), (2,0), (2,2)\}$$

$$R(m)[i][j] = S_{m,1} \text{ para } (i, j) = \{(1,1), (1,3), (3,1), (3,3)\}$$

$$R(m)[i][j] = S_{m,2} \text{ en cualquier otro caso}$$

$$S = \begin{bmatrix} 6 & 10 & 8 \\ 7 & 11 & 9 \\ 8 & 12 & 10 \\ 9 & 14 & 11 \\ 10 & 16 & 13 \\ 11 & 18 & 14 \end{bmatrix}$$

La descripción de la transformación directa y la cuantificación directa, ecuación 18, se proporciona a continuación asumiendo que la entrada es en X, parámetro de cuantificación QP.

Ecuación 17

*Transformada directa*

$$K = T_{\text{directa}} \cdot X \cdot T_{\text{directa}}^T$$

Ecuación 18

*Cuantificación directa*

$$\begin{aligned} \text{periodo} &= QP / 6 \\ \text{fase} &= QP - 6 \cdot \\ \text{Nivel}[i][j] &= (Q(\text{fase}))[i][j] \cdot K[i][j] / 2^{(17 + \text{periodo})} \end{aligned}$$

A continuación se proporciona en las ecuaciones 19 y 20 la descripción de la descuantificación, la transformada inversa y la normalización para este ejemplo.

Ecuación 19

*Descuantificación*

$$\begin{aligned} \text{periodo} &= QP / 6 \\ \text{fase} &= QP - 6 \cdot \text{periodo} \\ K[i][j] &= R(\text{fase}))[i][j] \cdot \text{Nivel}[i][j] \cdot 2^{\text{periodo}} \end{aligned}$$

Ecuación 20

*IDCT y normalización*

$$\begin{aligned} X' &= T_{\text{inversa}} \cdot K \cdot T_{\text{inversa}}^T \\ X'[i][j] &= X'[i][j] / 2^7 \end{aligned}$$

La figura 1 es un diagrama de flujo que ilustra el método de la presente invención para la cuantificación de un coeficiente. Aunque por claridad este método se describe como una secuencia de etapas numeradas, no debe inferirse ningún orden a partir de la numeración salvo que se indique de manera explícita. Debe entenderse que algunas de estas etapas pueden saltarse, realizarse en paralelo o llevarse a cabo sin la necesidad de mantener un orden de secuencia estricto. El método comienza en la tapa 100. La tapa 102 proporciona un coeficiente K. La etapa 104 proporciona un parámetro de cuantificación (QP). La etapa 106 forma un valor de cuantificación (L) a partir del coeficiente K, utilizando una parte de mantisa (Am(QP)) y una parte exponencial ( $x^{\text{Ae}(\text{QP})}$ ). Típicamente, la parte exponencial ( $x^{\text{Ae}(\text{QP})}$ ) incluye que x valga 2.

En algunos aspectos del método, formar un valor de cuantificación (L) a partir del coeficiente K utilizando una parte de mantisa (Am(QP)) y una parte exponencial ( $x^{\text{Ae}(\text{QP})}$ ) en la etapa 106, incluye:

$$\begin{aligned} L &= K * A(QP) \\ &= K * \text{Am}(QP) * (2^{\text{Ae}(QP)}). \end{aligned}$$

Algunos aspectos del método incluyen una etapa adicional. La etapa 108 normaliza el valor de cuantificación mediante  $2^N$  como sigue:

$$\begin{aligned} L_n &= L / 2^N \\ &= K * \text{Am}(QP) / 2^{(N - \text{Ae}(QP))}. \end{aligned}$$

En otros aspectos, formar un valor de cuantificación en la etapa 106 incluye formar un conjunto de factores recursivos de cuantificación en un período P, donde  $A(QP+P) = A(QP)/x$ . Análogamente, formar un conjunto de factores recursivos de cuantificación incluye formar factores de mantisa recursivos, donde  $Am(QP) = Am(QP \bmod P)$ . Entonces, formar un conjunto de factores recursivos de cuantificación incluye formar factores exponenciales recursivos, donde  $Ae(QP) = Ae(QP \bmod P) - QP/P$ .

En algunos aspectos, formar un valor de cuantificación incluye formar un conjunto de factores recursivos de cuantificación con un período P, donde  $A(QP+P) = A(QP)/2$ . En otros aspectos, formar un conjunto de factores recursivos de cuantificación incluye formar factores de mantisa recursivos, donde  $P = 6$ . Análogamente, formar un conjunto de factores recursivos de cuantificación incluye formar factores exponenciales recursivos, donde  $P = 6$ .

En algunos aspectos del método, suministrar un coeficiente K en la etapa 102 incluye suministrar una matriz de coeficientes  $K[i][j]$ . Así, formar un valor de cuantificación (L) a partir de la matriz de coeficientes  $K[i][j]$  utilizando una parte de mantisa ( $Am(QP)$ ) y una parte exponencial ( $x^{Ae(QP)}$ ) en la etapa 106, incluye formar una matriz de valores de cuantificación ( $L[i][j]$ ) utilizando una matriz de la parte de mantisa ( $Am(QP)[i][j]$ ) y una matriz de la parte exponencial ( $x^{Ae(QP)[i][j]}$ ). Análogamente, formar una matriz de valores de cuantificación ( $L[i][j]$ ) utilizando una matriz de la parte de mantisa ( $Am(QP)[i][j]$ ) y una matriz de la parte exponencial ( $x^{Ae(QP)[i][j]}$ ) incluye, para cada valor concreto de QP, que cada elemento en la matriz de la parte exponencial tenga el mismo valor. Típicamente, cada elemento en la matriz de la parte exponencial tiene el mismo valor durante un período (P) de QP valores, donde  $Ae(QP) = Ae(P * (QP/P))$ .

Algunos aspectos del método incluyen una etapa adicional. La etapa 110 forma un valor de descuantificación (X1) a partir del valor de cuantificación, utilizando una parte de mantisa ( $Bm(QP)$ ) y una parte exponencial ( $x^{Be(QP)}$ ). De nuevo, la parte exponencial ( $x^{Be(QP)}$ ) incluye típicamente que x valga 2.

En algunos aspectos del método, formar un valor de descuantificación (X1) a partir del valor de cuantificación, utilizando una parte de mantisa ( $Bm(QP)$ ) y una parte exponencial ( $x^{Be(QP)}$ ), incluye:

$$\begin{aligned} X1 &= L * B(QP) \\ &= L * Bm(QP) * (2^{Be(QP)}). \end{aligned}$$

Otros aspectos del método incluyen una etapa adicional, etapa 112, de desnormalización del valor de cuantificación mediante  $2^N$ , como sigue:

$$\begin{aligned} X1d &= X1/2^N \\ &= X1 * Bm(QP)/2^N. \end{aligned}$$

En algunos aspectos, formar un valor de descuantificación en la etapa 110 incluye formar un conjunto de factores de descuantificación recursivos con un período P, donde  $B(QP+P) = x * B(QP)$ . Así, formar un conjunto de factores de descuantificación recursivos incluye formar factores de mantisa recursivos, donde  $Bm(QP) = Bm(QP \bmod P)$ . Además, formar un conjunto de factores de descuantificación recursivos incluye formar factores exponenciales recursivos, donde  $Bm(QP) = Bm(QP \bmod P)$ .

En algunos aspectos, formar un conjunto de factores recursivos de cuantificación con un período P incluye que el valor de x sea igual a 2, y formar factores de mantisa recursivos incluye que el valor de P sea igual a 6. Así, formar un conjunto de factores de descuantificación recursivos incluye formar factores exponenciales recursivos, donde  $Be(QP) = Be(QP \bmod P) + QP/P$ .

En algunos aspectos del método, formar un valor de descuantificación (X1) a partir del valor de cuantificación, utilizando una parte de mantisa ( $Bm(QP)$ ) y una parte exponencial ( $x^{Be(QP)}$ ) en la etapa 110, incluye formar una matriz de valores de descuantificación ( $X1[i][j]$ ) utilizando una matriz de la parte de mantisa ( $Bm(QP)[i][j]$ ) y una matriz de la parte exponencial ( $x^{Be(QP)[i][j]}$ ). Análogamente, formar una matriz del valor de descuantificación ( $X1[i][j]$ ) utilizando una matriz de la parte de mantisa ( $Bm(QP)[i][j]$ ) y una matriz de la parte exponencial ( $x^{Be(QP)[i][j]}$ ) incluye, para cada valor concreto de QP, que cada elemento en la matriz de la parte exponencial tenga el mismo valor. En algunos aspectos, cada elemento en la matriz de la parte exponencial es el mismo valor durante un período (P) de QP valores, donde  $Be(QP) = Be(P * (QP/P))$ .

Otro aspecto de la invención incluye un método para la descuantificación de un coeficiente. Sin embargo, el proceso es esencialmente el mismo que en las etapas 110 y 112 anteriores, y no se repite por brevedad.

Se ha presentado un método para la cuantificación de un coeficiente. Se proporciona un ejemplo que ilustra un procedimiento combinado de descuantificación y normalización aplicado al estándar de codificación de video H.26L, con un objetivo de reducir a 16 bits la profundidad de bits requerida en el descodificador. Los conceptos de la presente invención pueden utilizarse también para satisfacer otros objetivos de diseño dentro de H.26L. En general, esta invención tiene aplicación en la combinación de cálculos de normalización y cuantificación.

Las realizaciones de la presente invención pueden implementarse como equipamiento físico, soporte lógico indeleble, soporte lógico y otras implementaciones. Algunas realizaciones pueden implementarse en dispositivos de cálculo de propósito general o en dispositivos de cálculo diseñados específicamente para la implementación de estas realizaciones. Algunas realizaciones pueden almacenarse en memoria como un medio de almacenamiento de la realización, o con el propósito de ejecutar la realización en un dispositivo informático.

Algunas realizaciones de la presente invención comprenden sistemas híbridos para codificación de video, como se muestra en la figura 2. En estas realizaciones los datos de imagen 130 se restan de 132 con datos que representan cuadros de video previos 145, lo que tiene como resultado una imagen diferencial 133 que es enviada a un módulo de transformada 134. El módulo de transformadas 134 puede utilizar DCT u otros métodos de transformadas, para transformar la imagen. Generalmente, el resultado del proceso de transformada serán los coeficientes (K), que a continuación son enviados a un módulo de cuantificación 136 para la cuantificación.

El módulo de cuantificación 136 puede tener otras entradas, tales como entradas de usuario 131 para establecer parámetros de cuantificación (QPs) y para otras entradas. El módulo de cuantificación 136 puede utilizar los coeficientes de transformación y los parámetros de cuantificación, para determinar niveles de cuantificación (L) en la imagen de video. Si bien el módulo de cuantificación 136 puede utilizar métodos que emplean una parte de mantisa y una parte exponencial, también puede utilizarse otros métodos de cuantificación en los módulos de cuantificación 136 de las realizaciones de la presente invención. Estos niveles de cuantificación 135 y parámetros de cuantificación 137 se entregan a un módulo de codificación 138 así como a un módulo de descuantificación (DQ) 140.

La salida al módulo de codificación 138 es codificada y transmitida fuera del codificador, para descodificación inmediata o almacenamiento. El módulo de codificación 138 puede utilizar codificación de longitud variable (VLC) en su proceso de codificación. El módulo de codificación 138 puede utilizar codificación aritmética en su proceso de codificación. La salida procedente del módulo de codificación 138 son datos codificados 139 que pueden transmitirse al descodificador o almacenarse en el dispositivo de almacenamiento.

La salida desde el módulo de cuantificación 136 se recibe también en el módulo de descuantificación 140 para comenzar la reconstrucción de la imagen. Esto se realiza para mantener un conteo preciso de los cuadros anteriores. El módulo de descuantificación 140 lleva a cabo un proceso esencialmente con el efecto inverso al módulo de cuantificación 136. Los valores o niveles de cuantificación (L) son descuantificados produciendo coeficientes de transformación. Los módulos de descuantificación 140 puede utilizar métodos que incluyen una parte de mantisa y una parte exponencial como se ha descrito aquí.

Los coeficientes de transformada entregados desde el módulo de descuantificación 140 son enviados a un módulo de transformación inversa (IT) 142, donde son sometidos a transformada inversa para la imagen diferencial 141. Después se combina la imagen diferencial 141 con datos procedentes de cuadros de imagen previos 145, para formar un cuadro de video 129 que puede introducirse en una memoria de cuadros 146 para los cuadros subsiguientes.

El cuadro 149 de video puede servir también como entrada a un módulo de estimación 147 del movimiento, que también recibe datos de imagen 130. Estas entradas pueden ser utilizadas para predecir similitudes de imágenes y ayudar a comprimir datos de imagen. La salida procedente del módulo 147 de estimación del movimiento es enviada al módulo 148 de compensación del movimiento, y combinada con datos de salida procedente del módulo de codificación 138, que se emiten para la posterior descodificación y el eventual visionado de imágenes.

El módulo 148 de compensación del movimiento utiliza los datos de imagen predichos para reducir los requisitos de los datos de cuadro; su salida se resta de los datos de imagen de entrada 130.

Algunas realizaciones de la presente invención comprenden sistemas y métodos para codificación de video, como se muestra en la figura 3. Un descodificador de las realizaciones de la presente invención puede recibir datos codificados 130, en un módulo descodificador 152. Los datos codificados 150 pueden comprender datos que han sido codificados por un codificador 100, tal como se ha descrito con referencia a la figura 2.

El módulo de descodificación 152 puede utilizar métodos de descodificación de longitud variable, si se utilizaron en el proceso de codificación. También puede utilizarse otros métodos de descodificación, en función del tipo de datos codificados 150. El módulo de descodificación 152 lleva a cabo esencialmente el proceso inverso al realizado por el módulo de codificación 138. La salida del módulo de descodificación 152 puede comprender parámetros de cuantificación 156 y valores de cuantificación 154. Otra salida puede comprender datos de estimación del movimiento y datos de predicción de imágenes, que pueden ser enviados directamente a un módulo 166 de compensación del movimiento.

## ES 2 328 118 T3

Típicamente, los parámetros de cuantificación 156 y los valores de cuantificación 154 son entregados a un módulo de descuantificación 158, donde los valores de cuantificación se vuelven a convertir en coeficientes de transformada. El módulo de descuantificación 158 puede utilizar métodos que emplean una parte de mantisa y una parte exponencial como se ha descrito aquí. Estos coeficientes se envían a continuación a un módulo 160 de transformación inversa, para su conversión de vuelta a datos de imagen 161 en el dominio espacial.

La unidad de compensación de movimiento 176 utiliza datos de vectores de movimiento y la memoria de cuadros 154 para construir una imagen de referencia 165.

Los datos de imagen 161 representan una imagen diferencial que debe combinarse con datos de imagen previos 165, para formar un cuadro de video 163. Este cuadro de video 163 se entrega 168 para su posterior procesamiento, visualización u otros propósitos, y puede almacenarse en una memoria de cuadros 164 y utilizarse como referencia con cuadros subsiguientes.

En algunas realizaciones de la presente invención, como se ilustra en la figura 4, los datos de imagen 102 pueden ser enviados a un codificador o parte de codificación 154 para transformación, cuantificación, codificación y otros procedimientos típicos de la codificación de video, como se ha descrito arriba para algunas realizaciones de la presente invención. La salida procedente del codificador puede después almacenarse en algún medio de almacenamiento 106 legible por ordenador. El medio de almacenamiento 106 puede actuar como una memoria tampón a corto plazo o como un dispositivo de almacenamiento a largo plazo.

Cuando se desee, los datos de video codificados pueden leerse desde el medio de almacenamiento 106 y ser descodificados por un descodificador o parte de descodificación 108, para entregarse 110 a una pantalla u otro dispositivo.

En algunas realizaciones de la presente invención, como se ilustra en la figura 5, los datos de imagen 112 pueden ser enviados a un codificador o parte de codificación 104 para los diversos procedimientos de transformación, cuantificación, codificación y otros típicos de codificación de video, como se ha descrito arriba para algunas realizaciones de la presente invención. Después, la salida procedente del codificador puede enviarse sobre una red tal como una LAN, WAN o Internet 116. Un dispositivo de almacenamiento tal como un medio de almacenamiento 106, puede ser parte de una red. Los datos de video codificados pueden ser recibidos y descodificados por un descodificador o parte de descodificación 118, que además comunica con la red 16. Después, el descodificador 118 puede descodificar los datos para consumo local 120.

En algunas realizaciones de la presente invención, como se ilustra en la figura 6, un método o aparato de cuantificación comprende una parte de mantisa 172 y una parte exponencial 174. Los parámetros de cuantificación 176 son introducidos en ambas partes 172 y 174. Un coeficiente K 170 es introducido en la parte de mantisa 172, donde es modificado utilizando el parámetro de cuantificación y otros valores, como se ha explicado antes. El resultado de esta operación se combina con el resultado producido en la parte exponencial utilizando el parámetro de cuantificación, produciendo de este modo un nivel o valor de cuantificación L 178.

En algunas realizaciones de la presente invención, como se ilustra en la figura 7, un método o aparato de cuantificación comprende una parte de mantisa 182 y una parte de desplazamiento 184. Los parámetros de cuantificación 186 son introducidos a ambas partes 182 y 184. Un coeficiente K 180 es introducido en la parte de mantisa 182, donde se modifica utilizando el parámetro de cuantificación y otros valores como se ha explicado antes. El resultado de esta operación se sigue procesando en la parte de desplazamiento que utiliza el parámetro de cuantificación, produciendo de ese modo un nivel o valor de cuantificación L 188.

Algunas realizaciones de la presente invención, como se ilustra en la figura 8, comprenden un método o aparato de descuantificación con una parte de mantisa 192 y una parte exponencial 194. Los parámetros de cuantificación 196 son introducidos en ambas partes 192 y 194. Un valor de cuantificación L 190 es introducido en la parte de mantisa 192, donde se modifica utilizando el parámetro de cuantificación y otros valores, como se ha explicado antes. El resultado de esta operación se sigue procesando en la parte exponencial que utiliza el parámetro de cuantificación, produciendo de ese modo un coeficiente X1 198.

Algunas realizaciones de la presente invención, como se ilustra en la figura 9, comprenden un método o aparato de descuantificación con una parte de mantisa 202 y una parte de desplazamiento 204. Los parámetros de cuantificación 206 son introducidos en ambas partes 202 y 204. Un valor de cuantificación L 200 es introducido en la parte de mantisa 202 donde se modifica utilizando el parámetro de cuantificación y otros valores, como se ha explicado antes. El resultado de esta operación sigue procesándose en la parte exponencial que utiliza el parámetro de cuantificación, produciendo de ese modo un coeficiente X1 208.

Algunas realizaciones de la presente invención pueden almacenarse en un medio legible por ordenador tal como un medio magnético, un medio óptico u otro medio, así como en combinaciones de medios. Algunas realizaciones pueden además transmitirse como señales a través de redes y medios de comunicación. Estas transmisiones y acciones de almacenamiento pueden tener lugar como parte del funcionamiento de las realizaciones de la presente invención, o como una forma de transmitir la realización a un destino.

**Referencias citadas en la descripción**

*La lista de referencias citadas por el solicitante es solo para comodidad del lector. No forma parte del documento de Patente Europea. Aunque se ha tomado especial cuidado en recopilar las referencias, no puede descartarse errores u omisiones y la EPO rechaza toda responsabilidad a este respecto.*

**Documentos de patentes citados en la descripción**

- US 6 317 767 B [0004]



## REIVINDICACIONES

1. Método de decodificación de video para la reconstrucción de una muestra a partir de un nivel cuantificado  $L[i][j]$ , que comprende las etapas de:

- a) introducir el nivel cuantificado  $L[i][j]$  (200);
- b) llevar a cabo una descuantificación y una normalización combinadas de los niveles cuantificados  $L[i][j]$ , para obtener un coeficiente de transformada entera  $K[i][j]$ ; donde la etapa combinada de cuantificación y normalización incluye:
  - b1) introducir un parámetro de cuantificación  $QP$  (206);
  - b2) definir una matriz combinada  $B(QP)[i][j]$  de descuantificación y normalización que elimina la necesidad de compensar las diferencias de normalización debidas a las diferentes normas de las funciones base de una transformada entera inversa, a realizar posteriormente según la etapa c);
  - b3) representar la mencionada matriz combinada  $B(QP)[i][j]$  de descuantificación y normalización en formato de mantisa y exponente, con una matriz  $B_m(QP)[i][j]$  de la parte de mantisa que es una función del parámetro de cuantificación  $QP$  y una matriz  $B_e(QP)[i][j]$  de la parte exponencial que es una función del parámetro de cuantificación  $QP$ , lo cual es independiente de  $i, j$  y  $QP$  en el rango  $[0, P - 1]$ , donde  $B_m(QP)[i][j]$  y  $B_e(QP)[i][j]$  satisfacen  $B_m(QP)[i][j] = B_m(QP \bmod P)[i][j]$  y  $B_e(QP)[i][j] = B_e(0) + QP/P$ , donde  $P$  es un entero y  $QP/P$  representa el entero obtenido truncando hacia cero el resultado de dividir  $QP$  por  $P$ ; y
  - b4) calcular el coeficiente de transformada entera  $K[i][j]$  utilizando
 
$$K[i][j] = [L[i][j] * B_m(QP)[i][j]] \ll B_e(QP)[i][j]$$
 donde " $\ll$ " expresa una operación de desplazamiento hacia la izquierda;
- c) llevar a cabo una transformada entera inversa, del coeficiente de transformada entera  $K[i][j]$ , donde las funciones base de la transformada entera inversa tienen diferentes normas, obteniendo un coeficiente transformado inverso; y
- d) llevar a cabo una normalización adicional sobre el coeficiente transformado inverso utilizando un solo valor escalar  $2^N$ , obteniéndose la muestra reconstruida.

FIG.1

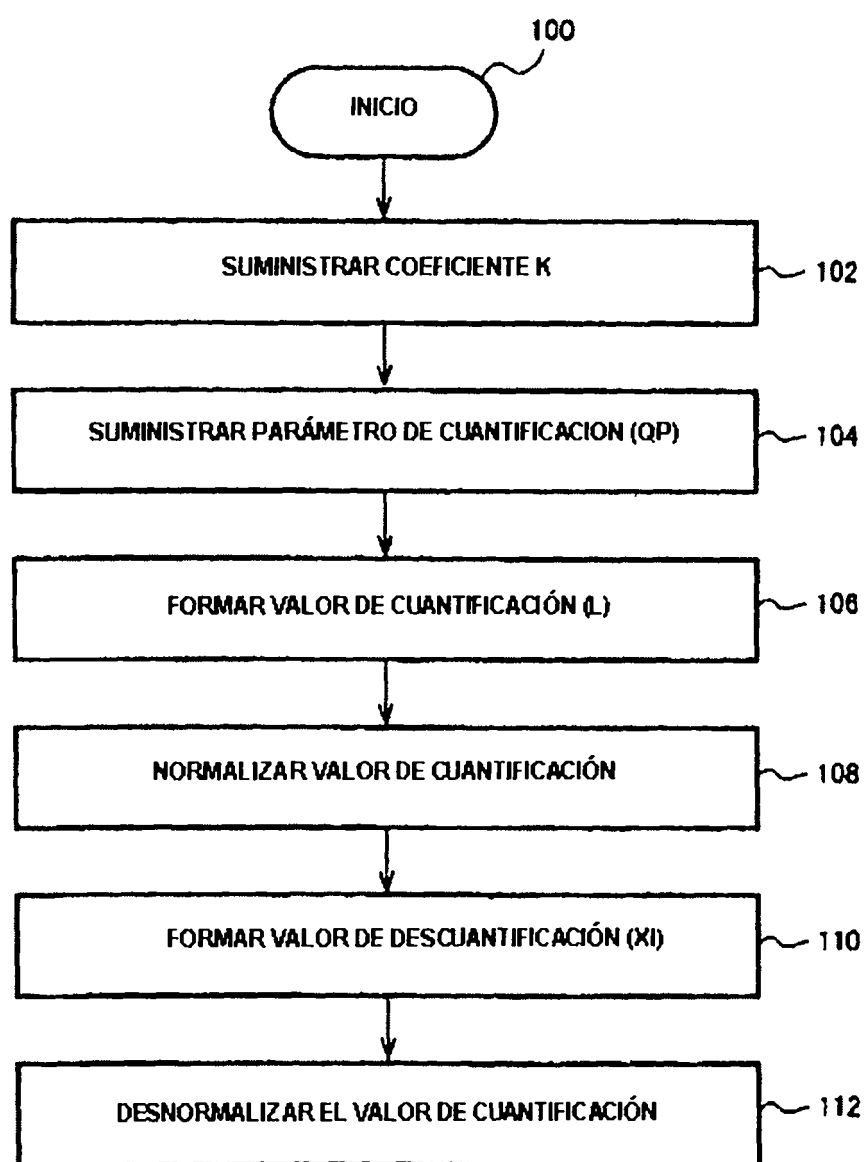


FIG.2

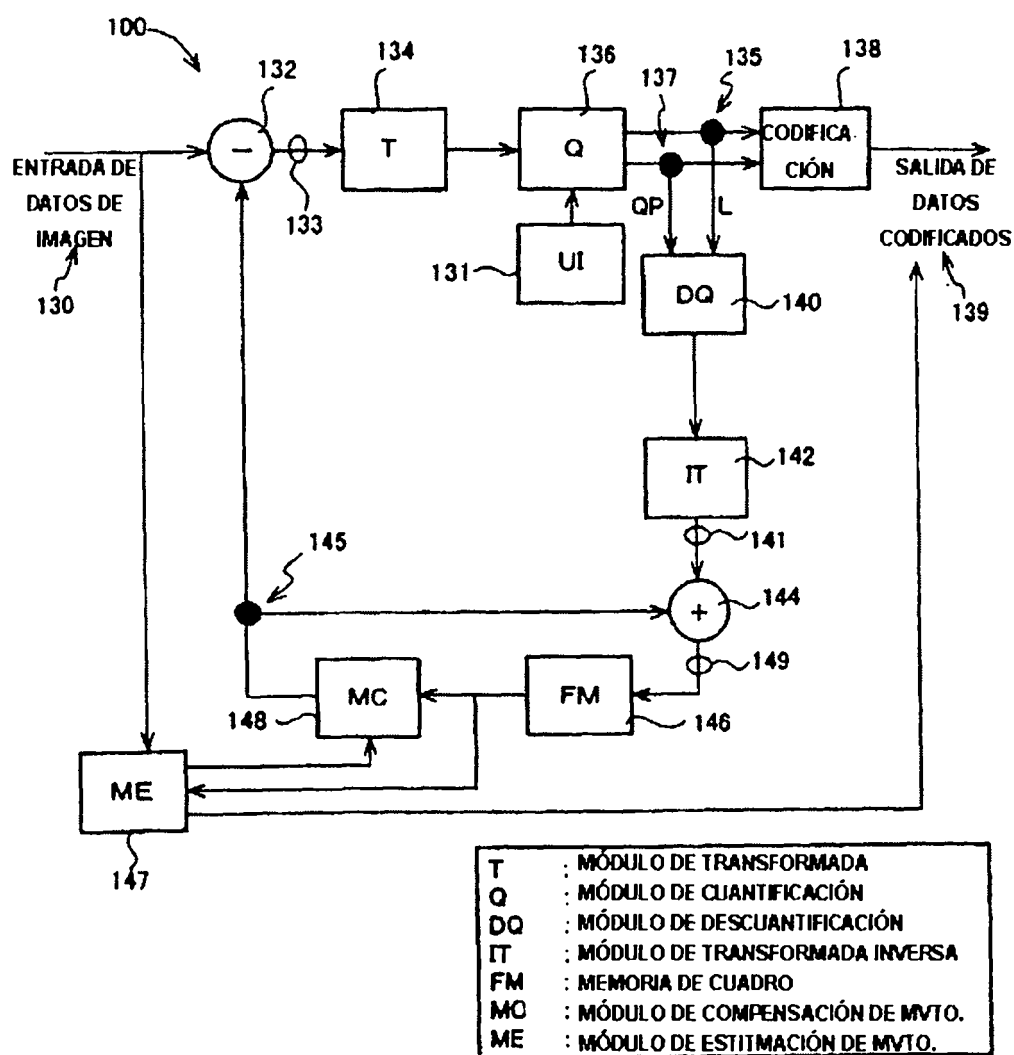


FIG.3

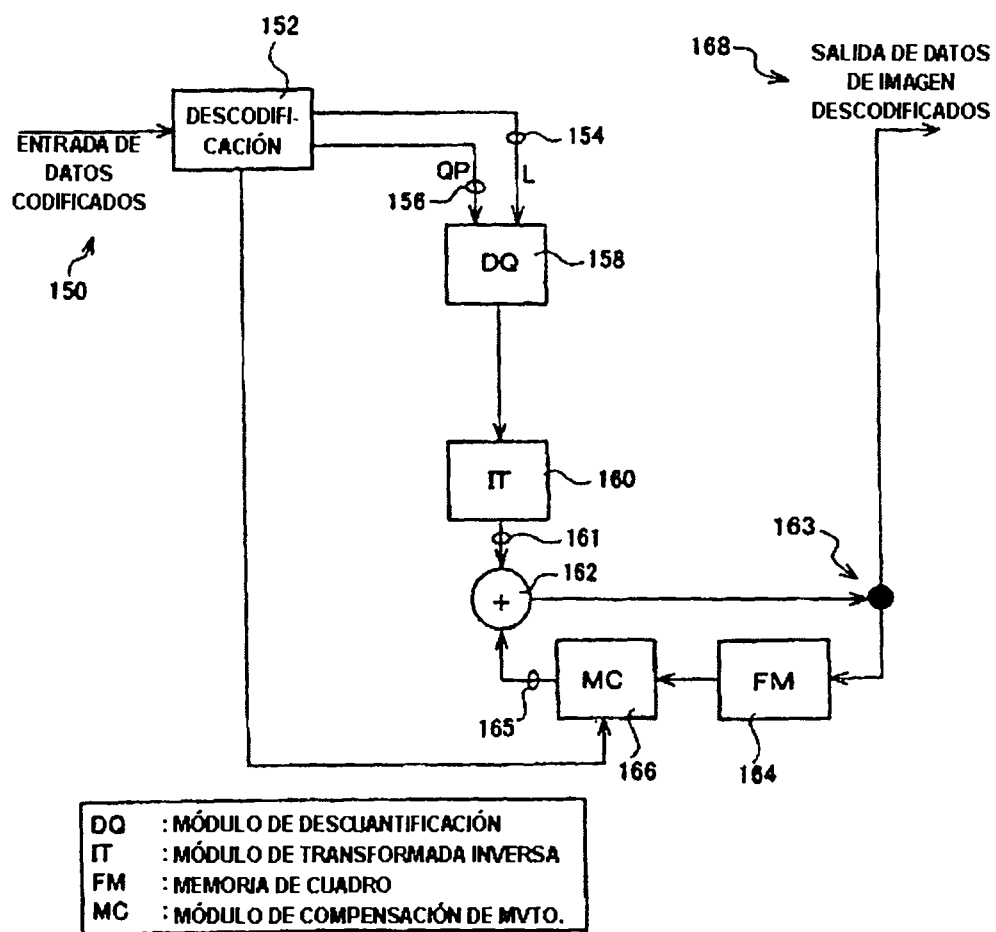


FIG.4

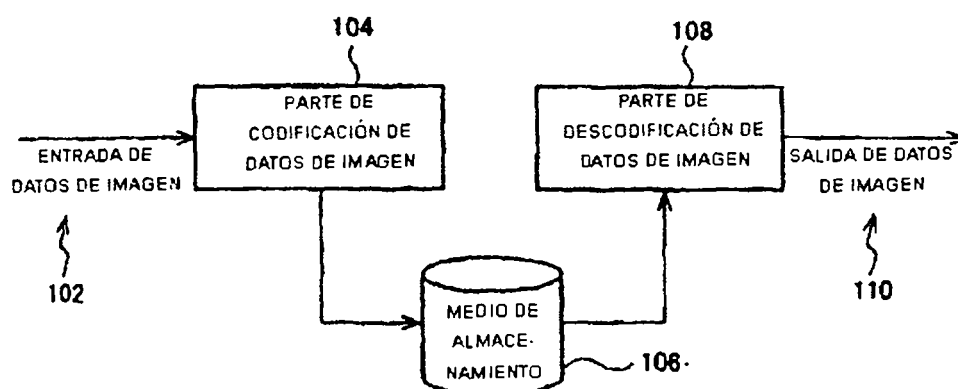


FIG.5

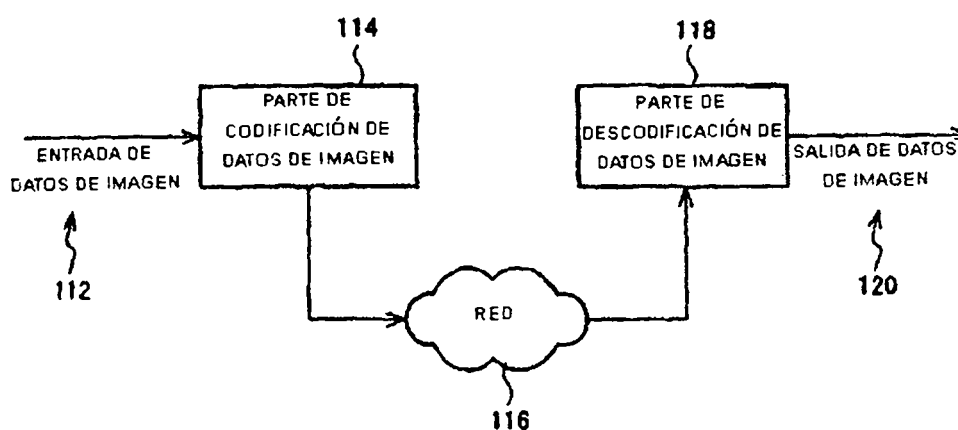


FIG.6

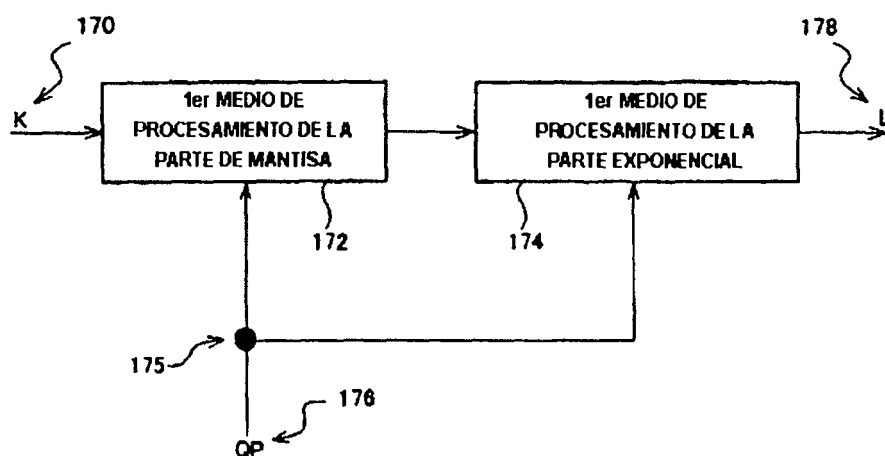


FIG.7

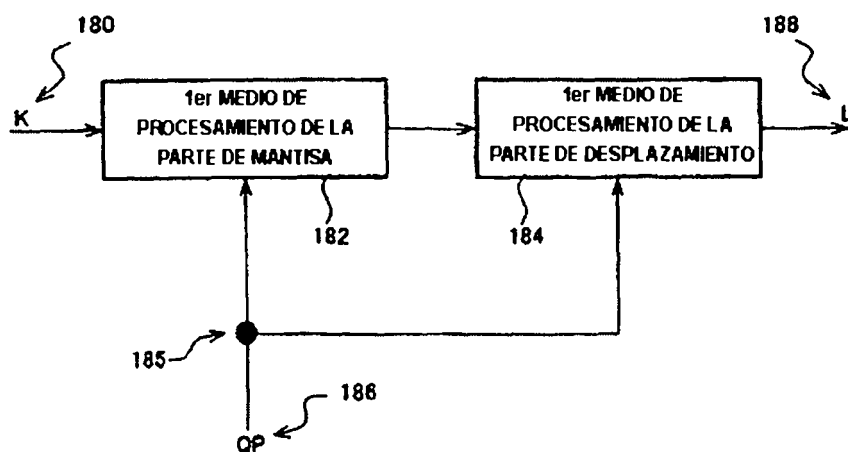


FIG.8

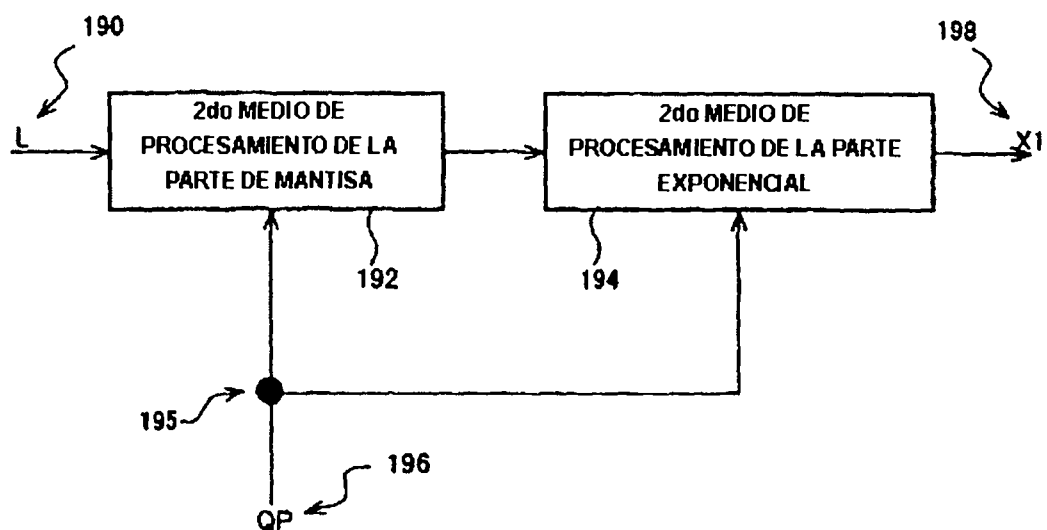


FIG.9

