



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 287 688**

51 Int. Cl.:  
**H04N 7/26** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **04701025 .1**

86 Fecha de presentación : **09.01.2004**

87 Número de publicación de la solicitud: **1584195**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **12.10.2005**

54 Título: **Procesado de imágenes utilizando un número limitado de bits.**

30 Prioridad: **13.01.2003 FI 20030045**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.12.2007**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.12.2007**

73 Titular/es: **Nokia Corporation**  
**Keilalahdentie 4**  
**02150 Espoo, FI**

72 Inventor/es: **Kalevo, Ossi**

74 Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

ES 2 287 688 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**

Procesado de imágenes utilizando un número limitado de bits.

5 La presente invención se refiere a un método para procesar imágenes, estando limitado el número de bits por  
píxel en dicho método, en el que el píxel se codifica con el número limitado de bits. La presente invención se refiere  
asimismo a un sistema para el procesado de imágenes, estando dispuesto dicho sistema para procesar la imagen con la  
utilización de un número limitado de bits de la secuencia de bits por píxel, en el que el sistema comprende asimismo  
unos medios para codificar el píxel al número limitado de bits. Además, la presente invención se refiere a un dispositivo  
10 para el procesado de imágenes, estando dispuesto dicho dispositivo para procesar la imagen con el uso de un número  
limitado de bits de la secuencia de bits por píxel, en el que el dispositivo comprende asimismo unos medios para  
codificar el píxel al número limitado de bits. La invención se refiere asimismo a un producto de software de ordenador  
para el procesado de imágenes. La invención se refiere asimismo a un módulo de cámara y a un circuito que comprende  
un codificador y un decodificador. Además, la invención se refiere a un dispositivo para el procesado de imágenes,  
15 comprendiendo dicho dispositivo un decodificador.

**Antecedentes de la invención**

20 Las cámaras digitales comprenden celdas de semiconductores, tales como celdas CCD (Dispositivo Acoplado  
por Carga) o CMOS (Semiconductor Complementario de Óxido Metálico) que comprenden un sensor fotosensible.  
El funcionamiento del sensor en la celda se basa en el principio de que el mismo está siempre cargado cuando la  
radiación incide sobre él. La celda comprende píxeles paralelos situados de forma densa los cuales convierten la luz en  
señales eléctricas. Para la detección del color, los píxeles de la celda se cubren con un filtro el cual transmite, en ciertos  
25 píxeles, únicamente el color rojo, únicamente el color verde y únicamente el color azul, respectivamente, formando  
una matriz de filtrado de color. Existe un número determinado (N) de bits por cada píxel. Si la unidad de procesado  
de datos es capaz de procesar imágenes de M bits y si  $N > M$ , es necesaria una conversión de la imagen a un tamaño  
menor, lo cual significa una reducción del número de bits por píxel.

30 Normalmente, el número de bits por píxel es 8 bits, aunque hay casos en los cuales se usan un número mayor, por  
ejemplo, 10 bits por píxel. Normalmente, en un dispositivo de procesado de datos, un byte consta de 8 bits; por lo  
tanto, será necesario comprimir una imagen de 10 bits.

35 Además, es necesaria la compresión de la imagen, ya que la reproducción y el procesado digitales de imágenes  
ya no se limitan a los ordenadores sino que, cada vez en mayor medida se pueden producir y visualizar imágenes  
con dispositivos más pequeños, tales como, por ejemplo, dispositivos de comunicaciones móviles. En los dispositivos  
de comunicaciones móviles, el uso de imágenes es en gran medida similar al uso en los ordenadores. Las imágenes  
se almacenan en el dispositivo y las mismas se transmiten a otro dispositivo a través de una red de comunicaciones  
que esté siendo usada. La transmisión de imágenes en la red de comunicaciones, tal como una red telefónica móvil,  
40 resulta problemática debido a la gran cantidad de información. Como el canal de comunicaciones disponible es lento,  
el material de la imagen se debe comprimir de manera que el tiempo para la transmisión de una única imagen no será  
de unos pocos minutos.

45 La DPCM (modulación diferencial por impulsos codificados) es un método conocido, mediante el cual un píxel  
se codifica/transmite basándose en el píxel anterior. El método se usa para la conversión de una señal analógica a una  
señal digital, en la que la diferencia entre un valor muestreado de la señal analógica y su valor predicho se cuantifica y  
codifica en formato digital. Las palabras de código formadas mediante el método DPCM representan diferencias entre  
valores.

50 Diferenciando las palabras de código moduladas por impulsos codificados (PCM), se obtiene una secuencia de  
palabras de código DPCM de longitud variable, que normalmente comprime los datos determinados a un formato  
adecuado para la transmisión. Como normalmente las palabras de código son de una longitud variable, el resultado  
no está siempre necesariamente por debajo del número de bits predeterminado (M), ya que la palabra de código más  
grande es mayor que el número original (N) de bits. Para asegurarse de que la palabra de código es más corta que el  
valor límite (M), las palabras de código DPCM se deben cuantificar, después de lo cual el método de compresión llega  
55 a presentar pérdidas.

60 El documento US-A-4 734 768 da a conocer un método para transmitir valores DPCM, que posibilita la conversión  
de una pluralidad de valores DPCM sucesivos en palabras de datos de una longitud idéntica óptimamente mínima y  
la combinación de los valores DPCM con un preámbulo que identifica la longitud de la palabra. En la publicación,  
una o más palabras de datos están destinadas a ser insertadas - utilizando diferentes métodos (4\*DPCM ó 3\*DPCM  
ó 2\*DPCM o PCM o RL) - en un bloque de datos que tiene una longitud de entre 10 y 20 bits y que tiene siempre la  
misma longitud. En la publicación es necesario decodificar los valores para localizar la palabra de datos.

65 El documento US-A-5 790 705 da a conocer un método para comprimir en un primer número predeterminado  
de bits de una manera que no produce sustancialmente pérdidas, imágenes digitales de un número de bits mayor que  
el primer número predeterminado. En la publicación, se determina una pluralidad de intervalos dentro de los cuales  
quedan incluidos los datos de las imágenes de entrada, y los datos de la imagen actual se comparan con la pluralidad

de intervalos. En la publicación, los códigos PCM se cuantifican realizando una correspondencia lineal por segmentos no lineales entre los datos originales y los datos resultantes.

Este problema se describe en la publicación DE 4210246 A1 que da a conocer un códec de imágenes DPCM complementado con la tecnología PCM. Para reducir la cantidad de datos de una imagen digital se usa un método discutible. En el método, el proceso de codificación de datos digitales se usa para convertir los datos con Mbits por píxel en una palabra de código de Nbits, cuando  $N < M$ . La elección entre los métodos PCM y DPCM se realiza con respecto a los valores de diferencia en el nivel de gris. El proceso de decodificación se usa para garantizar que la longitud de la palabra de código producida es menor que 9 bits, aunque esta longitud de la palabra de código no es fija sino que varía según los cambios del nivel de gris en la imagen. El método presentado en la publicación se basa en una máquina de estados la cual requerirá señales de control para su funcionamiento. De este modo, la decodificación de los píxeles de longitud variable depende fuertemente de otros píxeles. Otro de los problemas en la decodificación de píxeles con longitud variable según la técnica anterior es que no resulta sencillo determinar, a partir del flujo continuo de código, qué píxel representa cada código.

### Sumario de la invención

El objetivo de la presente invención consiste en proporcionar un método mejorado para comprimir datos de imágenes, en el cual se puede determinar de forma independiente la ubicación de cada píxel codificado. Esto es posible gracias a que las palabras de código tienen una longitud fija, en las que no serán necesarias señales independientes para indicar el punto inicial de la siguiente palabra de código. Con el método de la invención, se puede asimismo codificar y decodificar de forma independiente cada línea de la imagen. Esto es posible debido a que ningún píxel necesitará información sobre otros píxeles en otra línea. Por medio de la invención, se logra una compresión de alta calidad para datos sin procesar de N bits con vistas a su transmisión hacia un módulo de procesamiento de imágenes de M bits ( $M < N$ ). Por medio de la invención, los píxeles de una imagen se pueden codificar rápidamente y con una capacidad de memoria reducida sin afectar a la calidad de la imagen a un nivel perceptible.

Los objetivos mencionados anteriormente se alcanzan con la invención según las reivindicaciones adjuntas.

En la invención, los cambios menores entre píxeles se codifican con un código de impulsos diferencial, en el que los cambios importantes entre píxeles se codifican con un código de impulsos. En el método según la invención, no serán necesarias señales de control para seleccionar el método de decodificación del píxel, con lo cual cada píxel se puede decodificar de forma independiente. Esta opción se logra gracias a que el formato de bits en el comienzo de la cadena de bits indica el método de decodificación que se debe usar. El sistema de codificación se forma de tal manera que la resolución de los bits se reduce gradualmente de forma más lenta que los incrementos del número de colores en cada codificación alternativa. La calidad de la imagen no se ve afectada en el método, ya que el formato de los bits que indica el último método de codificación es el más corto de todos, con lo que quedan más bits para la codificación del valor de color que en las otras alternativas. No obstante, en proporción al número de colores, se dispone de menos bits.

Con la presente invención, el proceso para codificar píxeles se hace más rápido y, además, el método de la invención requiere una capacidad de memoria menor que en los métodos de la técnica anterior. La imagen producida según la invención tiene una calidad mejor que las imágenes producidas por los métodos con pérdidas de la técnica anterior. En el método, se forman palabras de código fijas que resultan más sencillas de decodificar y que garantizan una salida adecuada para la transmisión. El códec según la invención resulta sencillo de implementar, y no requiere grandes memorias intermedias, ya que se puede usar un almacenamiento intermedio menor en relación con las palabras de código fijas, o no es necesario ningún almacenamiento intermedio en absoluto.

### Descripción de los dibujos

A continuación se describirá con mayor detalle la invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales

la Fig. 1 muestra un ejemplo ventajoso de un codificador/decodificador según la invención, que implementa una conversión de 10 - 8 - 10 bits, y

la Fig. 2 muestra otro ejemplo ventajoso de un codificador/decodificador según la invención, que implementa una conversión de 10 - 7 - 10 bits,

la Fig. 3 muestra un dispositivo que realiza la codificación y/o decodificación de una imagen según una forma de la invención particularmente ventajosa, y

la Fig. 4 muestra un diagrama de flujo de funcionamiento del codificador según una forma de realización de la invención particularmente ventajosa.

### Descripción detallada de la invención

En la descripción más detallada de la invención, se utilizarán las siguientes variables:

## ES 2 287 688 T3

Xorig para determinar el valor original del píxel (por ejemplo, 10 bits)

Xpred para determinar el valor del píxel predicho,

5 Xdif para determinar la diferencia entre los valores original y predicho ( $X_{orig} - X_{pred}$ ),

Xcod para determinar el valor del píxel codificado (por ejemplo, 8 bits), y

10 Xdec para determinar el valor del píxel decodificado.

La idea básica de la invención es que si la predicción es suficientemente buena, es decir, la diferencia entre los valores del píxel original y predicho es inferior a un valor límite predeterminado ( $\text{abs}(X_{dif}) < \text{Lim}$ ), el valor diferencia se transfiere, en un formato cuantificado, al códec DPCM. En cualquier otro caso, el valor original se transfiere, en un formato cuantificado, al códec PCM. La información sobre el códec seleccionado se transfiere también en relación con dichos valores. En ambos métodos, para representar un píxel se usa un número fijo (M) de bits. El número de bits M se determina según la capacidad que se debe utilizar.

En una forma de realización ventajosa de la invención, se procesa un ejemplo de una imagen de color de 10 bits, la cual se comprime a 8 bits para el momento de la transmisión y el procesamiento de la imagen. La Figura 1 muestra una forma de realización ventajosa de un codificador/decodificador que implementa el método. Adicionalmente, la siguiente Tabla 1 muestra la codificación de un píxel como ejemplo. En la tabla, se captan catorce píxeles de una línea de píxeles aleatoria, los cuales se codifican con el método según la invención. La tabla muestra el píxel original (Xorig), el valor de predicción (Xpred) correspondiente al original, la diferencia (Xdif) entre el píxel original y el valor de predicción, la cadena de bits codificada (Xcod) del píxel, y el píxel decodificado (Xdec). En el ejemplo de la tabla, el píxel original (Xorig) está constituido por 10 bits y se ha codificado en un píxel de ocho bits (Xcod). Con el método según la invención la cadena de bits codificada (Xcod) se decodifica adicionalmente a 10 bits. Naturalmente, los valores presentados son únicamente ejemplos y los mismos no se interpretarán como limitativos de la invención.

TABLA 1

	<b>Xorig</b>	<b>Xpred</b>	<b>Xdif</b>	<b>Xcod</b>	<b>Xdec</b>
35	302	No disponible		01001011	302
	120	No disponible		00011110	122
	156	302	-146	1 0010011	156
40	90	122	-32	010 1 0000	90
	135	156	-21	00 1 10101	135
45	94	90	4	00 0 00100	94
	154	135	19	00 0 10011	154
	118	94	24	00 0 11000	118
50	235	154	81	011 0 0100	235
	98	118	-20	001 10100	98
	137	235	-98	011 1 1000	138
55	90	98	-8	001 01000	90
	138	138	0	00 1 00000	138
60	88	90	-2	00100010	88

En una forma de realización ventajosa de la invención, se usa un píxel para la predicción, en la que el valor a la izquierda del píxel se usa como valor de predicción (Xpred). Si no hay ningún valor de predicción disponible, es decir, en una situación en la cual se han procesado los dos primeros píxeles de una línea de la imagen, el píxel original se cuantifica de N bits a M bits y se transfiere al códec PCM. En una segunda forma de realización ventajosa de la predicción, se pueden usar más píxeles, por ejemplo, tres píxeles, en los que el valor de predicción se evalúa a partir de tres píxeles (píxeles superior, izquierdo, superior izquierdo) adyacentes a un píxel. La predicción a partir de tres píxeles se implementa preferentemente según una manera presentada en la solicitud de patente del solicitante WO-

## ES 2 287 688 T3

A-01/54416. Este tipo de predicción proporcionará un mejor resultado final en la invención, aunque requerirá más capacidad de memoria que la predicción según un píxel y eliminará la posibilidad de codificar y decodificar de forma independiente cada línea de la imagen. Por esta razón, la descripción más detallada de la invención se centrará en la predicción que hace uso de un píxel.

5

La imagen se codifica de tal manera que se usa el mismo método de línea para codificar cada línea de imagen. El principio de codificación según la invención, para una línea, se ilustra en el diagrama de flujo de la Fig. 4. A partir de la imagen de la matriz de Bayer, que es la forma mejor conocida de dicha matriz de color (CFA), se sabe que los datos de una imagen de color se representan de tal manera que entre dos componentes de color idénticos en la misma línea, existe otro componente de color (por ejemplo, GRGRGR o BGBGBG, siendo R el rojo, G el verde, B el azul). Basándose en esta información, se puede implementar la predicción de tal manera que en la predicción de un píxel X(n), se usa el píxel decodificado anterior del mismo color, con lo cual, en otras palabras, se usa el píxel X(n-2), que precede al anterior el cual es, consecuentemente, del mismo color que el píxel X(n). Naturalmente, no existe ningún valor anterior (para ser usado en la predicción) para los dos primeros píxeles en el comienzo de una línea de la imagen, con lo cual el valor original se cuantifica.

15

$$X_{\text{cod}}(0) = X_{\text{orig}}(0)/4$$

La razón para usar el número cuatro como cuantificador es que, en el ejemplo, el valor se va a comprimir desde unos datos de 10 bits a unos datos de 8 bits ( $1024/256 = 4$ ). Si  $X_{\text{cod}}(0) = 0$ , se transfiere el valor 1 (0000001), para evitar la palabra de código "0" (0000000). La palabra de código decodificada se puede formar de la manera siguiente:

20

$$X_{\text{dec}}(0) = 4 \times X_{\text{cod}}(0) + 2,$$

25

en la cual se suma el número dos para el redondeo.

El segundo píxel  $X_{\text{orig}}(1)$  se procesa de forma correspondiente ( $X_{\text{cod}}(1) = X_{\text{orig}}(1)/4$ ) ya que el mismo es de un color diferente al del píxel  $X_{\text{orig}}(0)$ .

30

Para codificar el tercer píxel ( $n = 2$ ), será necesaria una predicción, para lo cual se usa el valor decodificado del mismo color, que precede al píxel en cuestión, con el fin de obtener el valor de predicción para el tercer píxel  $X_{\text{pred}}(2) = X_{\text{dec}}(2-2)$ . En el formato general, se obtiene el valor de predicción  $X_{\text{pred}}(n) = X_{\text{dec}}(n-2)$ , cuando n indica la ubicación del píxel. El cambio (diferencia) del píxel se puede determinar calculando  $X_{\text{dif}}(n) = X_{\text{orig}}(n) - X_{\text{pred}}(n)$ .

35

Si el valor absoluto del cambio entre el píxel en cuestión y el valor de predicción es suficientemente pequeño ( $< 128$ ), en la codificación se usará el códec DPCM. Si el valor absoluto del cambio entre el píxel en cuestión y el valor de predicción es alto ( $> 127$ ), en la codificación se usará el códec PCM (lo cual se describirá con mayor detalle en la sección (1) que se presenta a continuación).

40

La cadena de bits codificada comprende, en el comienzo, una palabra de código, a partir de la cual se detecta la magnitud del cambio (00, 010, 011;  $< 32$ , 32 a 63, 64 a 127, respectivamente). La longitud de la palabra de código corresponde a las longitudes de las palabras de código de Huffman, que son 1, 2, 3 y 3. La palabra de código con la longitud de uno se reserva para el símbolo que indica salida del método de codificación, la cual debería ser bien "0" ó "1". Preferentemente, la palabra de código para el símbolo de salida es "1", ya que de este modo la segunda palabra de código más pequeña, que tiene una longitud de 2, se puede seleccionar de manera que sea "00". Como razón para la elección se puede esgrimir el hecho de que así es posible evitar la palabra de código completa "00000000" cuando la diferencia cero se transmite como el valor -0, es decir, "00 1 00000". De esta manera, no es necesario evitar en ningún otro sitio la palabra de código completa "00000000", ya que las otras palabras de código contienen por lo menos un "1" en ellas. Cuando la segunda palabra de código se selecciona de manera que sea "00", la palabra de código con la longitud uno debe ser "1" para conseguir que la decodificación resulte inequívoca. Debido a la decodificación inequívoca, las otras dos palabras de código son por lo tanto "010" y "011". Si no fuera necesario evitar el uso de la palabra de código completa "00000000", evidentemente las palabras de código también podrían ser, por ejemplo, "0", "10", "110" y "111". Debería observarse que en ocasiones también puede que exista la necesidad de evitar otras palabras de código completas, tales como, por ejemplo, "11111111", con lo que puede que exista la necesidad de cambiar las palabras de código. Consecuentemente, la elección de las palabras de código no se limita a las palabras de código mencionadas en la descripción.

50

55

Después de la palabra de código, se reserva un bit para el signo, ya que el cambio entre los píxeles puede ser negativo. Los bits restantes proporcionan el valor del cambio en una representación binaria. En el proceso de decodificación, de una manera correspondiente, el decodificador reconoce la palabra de código en el comienzo de la cadena de bits, para seleccionar el método que se debe utilizar para la decodificación. En la decodificación, el valor del píxel se determina usando el valor anterior del mismo color, ya decodificado, ( $X_{\text{pred}}(n) = X_{\text{dec}}(n-2)$ ) así como el cambio que se produjo entre el píxel original y el píxel anterior del mismo color (valor =  $X_{\text{dif}} = X_{\text{orig}}(n) - X_{\text{pred}}(n)$ ). El seu-docódigo siguiente representa un códec que implementa el proceso de codificación/decodificación para cada intervalo de cambio:

65

## ES 2 287 688 T3

### DPCM1:

si  $\text{abs}(X_{\text{dif}}(n)) < 32$ , entonces

5  $X_{\text{cod}}(n) = \text{"00 s xxxxx"}$

$X_{\text{dec}}(n) = X_{\text{pred}}(n) + \text{signo} * \text{valor}$

10 en la que 00 es la palabra de código, s representa el signo, y "xxxxx" indica, en cinco bits, el valor =  $\text{abs}(X_{\text{dif}}(n))/1$ , siendo 1 el cuantificador. Por ejemplo, cuando  $X_{\text{dif}}(n) = -9$ , el valor codificado  $X_{\text{cod}}(n) = \text{"00 1 01001"}$ .

### DPCM2:

15 si  $\text{abs}(X_{\text{dif}}(n)) < 64$ , entonces

$X_{\text{cod}}(n) = \text{"010 s xxxx"}$

20  $X_{\text{dec}}(n) = X_{\text{pred}}(n) + \text{signo} * (32 + 2 * \text{valor})$

en la que 010 es la palabra de código, s representa el signo, y "xxxx" indica, en cuatro bits, el valor =  $(\text{abs}(X_{\text{dif}}(n)) - 32)/2$ , siendo 2 el cuantificador. Por ejemplo, cuando  $X_{\text{dif}}(n) = 54$  ó  $55$ , entonces el valor codificado  $X_{\text{cod}}(n) = 010 0 1011$ .

### DPCM3:

25 si  $\text{abs}(X_{\text{dif}}(n)) < 128$ , entonces

30  $X_{\text{cod}}(n) = \text{"011 s xxxx"}$

$X_{\text{dec}}(n) = X_{\text{pred}}(n) + \text{signo} * (64 + 4 * \text{valor} + 1)$

si  $X_{\text{dec}}(n) > 1023$ , entonces  $X_{\text{dec}}(n) = 1023$

35 si  $X_{\text{dec}}(n) < 0$ , entonces  $X_{\text{dec}}(n) = 0$

40 en la que 011 representa el comienzo de la palabra de código, s representa el signo, y "xxxx" indica, en cuatro bits, el valor =  $(\text{abs}(X_{\text{dif}}(n)) - 64)/4$ , siendo 4 el cuantificador. Por ejemplo, cuando  $X_{\text{dif}}(n) = -123, -122, -121, \text{ ó } -120$ , entonces el valor codificado  $X_{\text{cod}}(n) = 011 1 1011$ .

Puede apreciarse que en la última cláusula, se suma el número 1 al valor decodificado, lo cual es debido al redondeo. Cuando el cuantificador es cuatro, se deduce que se cuantifican cuatro valores diferentes en el mismo valor de transmisión. Estos valores son  $(X), (X+1), (X+2)$  y  $(X+3)$ , en los cuales X es un entero divisible por cuatro. Para minimizar el error de redondeo, el valor de retorno seleccionado debería ser  $(X+1,5)$ . No obstante, esto no es posible, ya que el valor de retorno debe ser un entero. Consecuentemente, las mejores elecciones son  $(X+1)$  y  $(X+2)$ . Por probabilidad, las cifras más bajas  $(X)$  y  $(X+1)$  se producen con una frecuencia ligeramente mayor que las cifras más altas  $(X+2)$  y  $(X+3)$ , ya que el número de apariciones de las mismas se reduce siempre ligeramente cuando aumenta la diferencia, como consecuencia del funcionamiento satisfactorio del predictor. Debido a este argumento, como valor de retorno se ha seleccionado  $(X+1)$ .

55 Si el cambio es mayor que el más alto de dichos valores límite ( $> 127$ ), en la forma de realización ventajosa de la invención se usa el códec PCM (caso 1). De este modo, el valor codificado no se predice a partir del valor anterior sino que se forma con el valor del píxel original. El cambio del método de codificación viene indicado por una palabra de código especial, un símbolo de salida, el cual se introdujo anteriormente en relación con la formación de las palabras de código.

### 60 Caso 1

#### *Primera forma de realización PCM*

si no

65  $X_{\text{cod}}(n) = \text{"1 xxxxxxx"}$

$X_{\text{dec}}(n) = 8 * \text{valor} + 4$

## ES 2 287 688 T3

en los cuales 1 es la palabra de código que indica un cambio, “xxxxxxx” indica, en siete bits, el valor =  $(X_{orig}(n)/8)$ , siendo 8 el cuantificador. Por ejemplo, cuando  $X_{dif}(n) = 520 - 527$ , entonces la cadena de bits codificada es “1 1000001”.

5 La cadena de bits codificada que aplica el método PCM comprende, como primer bit, la palabra de código de símbolo de salida 1, que se ha seleccionado de manera que para la codificación del valor del color se pueden usar más bits que en los métodos DPCM. Por medio de esta disposición, es posible garantizar la calidad de la imagen, ya que la resolución de los bits se reduce de forma gradual más lentamente que el incremento del número de colores en las diferentes alternativas de codificación.

10 Los píxeles de la línea de la imagen se codifican de una manera correspondiente al final de la línea (EOR), codificando los cambios menores con el método DPCM y los cambios importantes con el método PCM. De manera correspondiente, el resto de las líneas al final de la imagen se procesan de manera independiente de la misma manera que la línea de píxel anterior, con lo cual se puede comprimir la imagen completa.

15 La superioridad de la combinación de los códecs DPCM y PCM con respecto al códec DPCM en solitario tiene un fundamento sólido cuando la combinación se compara con el uso del códec DPCM en solitario. Como ejemplo, se presentará una situación (caso 2) en la cual se usa el códec DPCM para codificar los cambios tanto menores como importantes. Con este ejemplo, un experto en la materia puede apreciar mejor las ventajas que se logran combinando el método DPCM con el método PCM de una manera en concordancia con la invención. Debería observarse que este ejemplo se proporciona únicamente para ilustrar las ventajas de la invención; el mismo no resulta significativo en la implementación de la invención.

25 Caso 2

*Segunda forma de realización*

si no

30

$X_{cod}(n) = "1 \text{ s xxxxxx}"$

$X_{dec}(n) = X_{pred}(n) + \text{signo} * (16 * \text{valor} + 7)$

35

si  $X_{dec}(n) > 1023$ , entonces  $X_{dec}(n) = 1023$

si  $X_{dec}(n) < 0$ , entonces  $X_{dec}(n) = 0$

40 en las cuales 1 indica la palabra de código, s representa el signo, y “xxxxxxx” indica, en seis bits, el valor =  $(\text{abs}(X_{dif}(n))/16)$ , siendo 16 el cuantificador. Por ejemplo, cuando  $X_{dif}(n) = 528 - 543$ , entonces la cadena de bits codificada es “1 0 100001”.

45 Puede observarse que el bit de signo s “se come” un bit del valor que se debe cuantificar, con lo que el error con el códec DPCM es mayor que con el códec PCM, ya que la cuantificación debe ser mayor. Esto es debido a que los valores que se deben transferir a los códecs PCM y DPCM se encuentran, respectivamente, en los intervalos  $[0, 1023]$  (10 bits) y  $[-1023, 1023]$  (11 bits).

50 En una forma de realización ventajosa de la invención, el símbolo de salida usado es la palabra de código más corta “1”, tal como se ha presentado anteriormente. Aunque el símbolo de salida no es el símbolo más probable, su elección dará como resultado una situación tal que el error de cuantificación será tan alto que la longitud de la palabra de código no se pondrá incrementar más. El deterioro de la calidad, provocado por la palabra de código de símbolo de salida más larga, ya no se puede restablecer reduciendo las palabras de código de los otros símbolos y aumentando, por ejemplo, el intervalo no cuantificado de los símbolos más probables. Por otra parte, no merece la pena implementar el procesado de un cambio importante en el códec DPCM, ya que el mismo dará como resultado la misma situación que cuando se incrementó la longitud del símbolo de salida en la solución original.

55 Debería asimismo apreciarse que los otros símbolos que no son el símbolo de salida siguen la probabilidad real de los símbolos. Esto se aplica también cuando el cuantificador es mayor para cambios mayores. La longitud de las palabras de código se basa en la magnitud del cambio de la siguiente manera: 1 = cambio  $[128-1023]$ , 2 =  $[0-31]$ , 3 =  $[32-63]$ , 3 =  $[64-127]$ . Las longitudes se basan en la forma de la distribución del cambio después de que se haya eliminado el error de cuantificación. El número de símbolos necesarios en el códec DPCM es menor que o igual a  $N - (M - 1)$  (por ejemplo,  $10 - (8 - 1) = 3$ ). En la codificación DPCM según la invención, se usan preferentemente la totalidad de los tres símbolos mencionados. En el cálculo del número máximo de caracteres DPCM, la ecuación se basa en la longitud del valor del símbolo de salida, la cual es  $M - 1$  ( $8 - 1 = 7$ ) bits. Para los símbolos del códec DPCM, no existe por lo tanto ninguna necesidad sustancial de usar una cuantificación mayor o igual tal como se produce en relación con el códec PCM. Además, no es necesario usar dos palabras de código diferentes para el mismo cuantificador, ya que de esta manera se puede cambiar el orden de las palabras de código o se pueden combinar dos palabras de código.

## ES 2 287 688 T3

Usando el método de la invención, la salida, en el peor de los casos, se codifica en 7 a 10 bits. En una situación correspondiente, el uso del códec DPCM en solitario dará como resultado una salida la cual se codifica en 6 a 10 bits. Usando el método según la invención, la relación señal/ruido PSNR (Relación Señal de Pico/Ruido) usada para medir la calidad de la imagen está comprendida en el intervalo de 67,48 dB a 78,01 dB. Si el códec PCM se sustituye por el códec DPCM, la cifra correspondiente caerá al intervalo de 63,67 a 74,48 dB.

La calidad de la imagen alcanzada con la disposición según las formas de realización anteriores de la invención también se puede lograr usando un códec DCPM inteligente (caso 3), aunque esta opción incrementará la complejidad del códec, lo cual puede constituir un obstáculo significativo para el uso de esta forma de realización de la invención en algunos entornos. En esta forma de realización de la invención, se ha observado que incluso aunque los valores a codificar se encuentren en el intervalo de -1023 a 1023, existen solamente 1024 valores diferentes para la predicción. Para los otros valores se obtiene un valor de Xdec, el cual es menor que 0 ó mayor que 1023. Estos valores nunca aparecerán en la imagen original. Consecuentemente, en relación con los cambios importantes, el códec DPCM se puede usar de una manera inteligente tal como se muestra a continuación:

### Caso 3

#### *Tercera forma de realización*

si no

$$X_{\text{cod}}(n) = "1 s \text{xxxxxx}"$$

en la cual 1 indica el comienzo de la palabra de código, s representa el signo, y "xxxxxx" indica, en seis bits, el valor  $= (\text{abs}(X_{\text{dif}}(n))/8)$ , siendo 8 el cuantificador.

Estos valores absolutos elevados deberían codificarse usando valores los cuales por otro lado no se usan en la codificación de predicción. El ejemplo siguiente presenta en primer lugar el cambio del intervalo y la decodificación.

si valor == 64 entonces valor = 0

si valor > 64 entonces valor = 128 - valor, y el signo se cambia

Por ejemplo, cuando  $\text{abs}(X_{\text{dif}}(n)) = 528 - 543$ , entonces la cadena de bits codificada es "11 111110".

En la decodificación, se realizan las siguientes etapas:

si valor = 0 entonces

$$X_{\text{dec}}(n) = X_{\text{pred}}(n) + \text{signo} * (8*64+7)$$

si no

$$X_{\text{dec}}(n) = X_{\text{pred}}(n) + \text{signo} * (8*valor)$$

si  $X_{\text{dec}}(n) < 0$ , entonces

$$X_{\text{dec}}(n) = X_{\text{dec}}(n) + 1024+3$$

pero si  $X_{\text{dec}}(n) > 1023$  entonces

$$X_{\text{dec}}(n) = X_{\text{dec}}(n) - 1024-3$$

si no

$$X_{\text{dec}}(n) = X_{\text{dec}} + \text{signo} * 3$$

si  $X_{\text{dec}}(n) > 1023$ , entonces  $X_{\text{dec}}(n) = 1023$

si  $X_{\text{dec}}(n) < 0$ , entonces  $X_{\text{dec}}(n) = 0$

La Figura 1 muestra un ejemplo ventajoso del codificador, y el decodificador correspondiente, que implementan el método de la invención. El codificador implementa la conversión de bits desde 10 bits a ocho bits, y el decodificador implementa, de manera correspondiente, la conversión de bits desde ocho a diez bits. El codificador (Cod) comprende

## ES 2 287 688 T3

un selector (Sel/Cod) que cambia el códec según la magnitud del cambio en cuestión. El DPCM1 está en uso cuando  $X_{dif} < 32$ , el DPCM2 cuando  $X_{dif} < 64$ , el DPCM3 cuando  $X_{dif} < 128$ , y si no el PCM. El codificador comprende también un decodificador interno (Dec) para implementar la decodificación del símbolo para la predicción (Pred). Con este fin, los dos símbolos que preceden al símbolo a decodificar se almacenan en una memoria (MEM), en un formato decodificado. El decodificador verdadero (Dec 8 → 10) también lleva a cabo un proceso de decodificación similar.

La Figura 2 muestra un ejemplo ventajoso del codificador y el decodificador según la invención, los cuales están dispuestos para realizar la conversión de bits desde 10 bits a siete bits y de nuevo a diez bits. En la predicción, el predictor de la Fig. 2 usa todos los valores de color de la línea (dos colores por línea en la matriz Bayer). El primer píxel se codifica sin predicción. El segundo píxel se predice usando el valor decodificado anterior como valor de predicción:  $X_{pred}(n) = X_{dec}(n-1)$ . El tercer píxel se predice usando el valor decodificado anterior del mismo color que el valor de predicción:  $X_{pred}(n) = X_{dec}(n-2)$ . El cuarto píxel se predice usando la ecuación:

15

**si**

$((X_{dec}(n-1) \leq X_{dec}(n-2) \text{ y } X_{dec}(n-2) \leq X_{dec}(n-3)) \text{ ó } (X_{dec}(n-1) \geq X_{dec}(n-2) \text{ y}$

20  $X_{dec}(n-2) \geq X_{dec}(n-3)))$

**entonces**  $X_{pred}(n) = X_{dec}(n-1)$

**si no**  $X_{pred}(n) = X_{dec}(n-2)$

25

Los otros píxeles de la línea se predicen usando la ecuación:

30

**si**

$((X_{dec}(n-1) \leq X_{dec}(n-2) \text{ y } X_{dec}(n-2) \leq X_{dec}(n-3)), \text{ ó } (X_{dec}(n-1) \geq X_{dec}(n-2) \text{ y}$

35  $X_{dec}(n-2) \geq X_{dec}(n-3)))$

**entonces**  $X_{pred}(n) = X_{dec}(n-1)$

**pero si**

40  $((X_{dec}(n-1) \leq X_{dec}(n-3) \text{ y } X_{dec}(n-2) \leq X_{dec}(n-4)) \text{ ó } (X_{dec}(n-1) \geq X_{dec}(n-3) \text{ y}$

$X_{dec}(n-2) \geq X_{dec}(n-4)))$

**entonces**  $X_{pred}(n) = X_{dec}(n-2)$

45

**si no**  $X_{pred}(n) = (X_{dec}(n-2) + X_{dec}(n-4) + 1)/2$ .

Como el codificador según el ejemplo de la Fig. 2 usa cuatro píxeles anteriores en la predicción, la memoria (Mem) está dispuesta de forma correspondiente para cuatro píxeles.

50

En relación con esta conversión de bits (10 - 7 - 10), la codificación/decodificación se lleva a cabo de una manera similar a la conversión desde 10 bits a ocho bits. No obstante, debe observarse que las palabras de código usadas y los intervalos correspondientes a las mismas siguen la definición:

55

60

65

si  $\text{abs}(X_{\text{dif}}(n)) < 8$ , **entonces**

$X_{\text{cod}} = 000 \text{ s } xxx$

la palabra de código es 000, s = signo, xxx = valor =  $\text{abs}(X_{\text{dif}}(n)/1)$  dado en tres bits, el cuantificador = 1

si  $\text{abs}(X_{\text{dif}}(n)) < 16$ , **entonces**

$X_{\text{cod}} = "0010 \text{ s } xx"$

la palabra de código es 0010, s = signo, xx = valor =  $(\text{abs}(X_{\text{dif}}(n)) - 8)/2$  dado en dos bits, el cuantificador = 2

si  $\text{abs}(X_{\text{dif}}(n)) < 32$ , **entonces**

$X_{\text{cod}}(n) = "0010 \text{ s } xx"$

la palabra de código es 0011, s = signo, xx = valor =  $((\text{abs}(X_{\text{dif}}(n)) - 16) / 4)$ , dado en dos bits, el cuantificador = 4

si  $\text{abs}(X_{\text{dif}}(n)) < 160$ , **entonces**

$X_{\text{cod}}(n) = "01 \text{ s } xxxx"$

la palabra de código es 01, s = signo, xxxx = valor =  $(\text{abs}(X_{\text{dif}}(n)) - 32) / 8$ , dado en dos bits, el cuantificador = 8.

si  $\text{abs}(X_{\text{dif}}(n)) > 160$ , **entonces**

$X_{\text{cod}}(n) = "1 \text{ xxxxxx}"$

la palabra de código es 2, s = signo, xxxxx = valor =  $X_{\text{orig}}(n)/16$  dado en seis bits, el cuantificador = 16.

Tal como puede observarse a partir de la exposición anterior, en relación con la conversión de bits del tipo descrito son necesarias cinco palabras de código, cuando en relación con la conversión de bits (10-8-10) son necesarias cuatro palabras de código.

La Figura 3 muestra una vista muy reducida de un sistema que implementa una forma de realización ventajosa de la invención. El sistema comprende preferentemente los dispositivos A y B que implementan, respectivamente, la codificación (Cod)/decodificación (Dec) según la invención. Los dispositivos A, B se pueden situar físicamente separados en el sistema. Los dispositivos A, B también se pueden implementar como una unidad física individual. De este modo, las disposiciones del tipo descrito, que combinan la modulación DPCM y PCM o que usan una modulación DPCM inteligente, se pueden implementar como parte del dispositivo electrónico, por ejemplo, en una unidad de procesado digital de la señal (DPS) en una cámara o un elemento similar. Típicamente, el dispositivo electrónico comprende también otras funciones, tales como medios para visualizar (D) información de imágenes para el usuario y un procesador para controlar el dispositivo electrónico. En conexión con un dispositivo móvil se puede implementar preferentemente una cámara digital (C) que comprenda un sistema de procesado de imágenes según la invención, bien como una unidad independiente o bien integrada en el dispositivo, comprendiendo también dicho dispositivo móvil unos medios para la comunicación móvil. Además, la cámara digital que comprende el sistema de procesado de imágenes según la invención se puede conectar a una red de comunicaciones (por ejemplo, Internet), tal como una cámara web. La invención completa se puede implementar usando disposiciones de hardware, un procesador microcodificable, o alternativamente solo mediante software de ordenador. Son también posibles todas las combinaciones de estas últimas opciones. Consecuentemente, la invención también se puede asimismo utilizar típicamente como parte de un software mayor, se puede construir como parte de un circuito de codificación independiente, o se puede implementar en conexión con un módulo de cámara para ser vendida por separado.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para el procesado de imágenes, en el que se fija el número de bits en una cadena de bits codificada, en el que se codifica un píxel en la cadena de bits, **caracterizado** porque, en el método,
- en el inicio de una línea cuando no está disponible un valor de predicción para el píxel,
- se codifica en la cadena de bits un valor de píxel cuantificado,
- 10 - si el valor de predicción está disponible para el píxel,
- se determina una diferencia entre el valor del píxel y el valor de predicción, utilizándose dicha diferencia para seleccionar un método de codificación de entre más de dos métodos de codificación con el fin de codificar dicho píxel en la cadena de bits, presentando cada método de codificación una magnitud del paso determinada para cuantificar el valor, y siendo diferente dicha magnitud de paso determinada en cada método de codificación, en el que
- 15 una palabra de código que indica el método de codificación seleccionado y la magnitud del paso del cuantificador, y
- 20 el valor cuantificado se codifica en la cadena de bits,
- presentando la cadena de bits, en dicho método, una longitud fija menor que la longitud del píxel digitalizado originalmente para cada píxel codificado en la imagen.
- 25 2. Método según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la palabra de código para indicar el método de codificación seleccionado es de longitud variable.
3. Método según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque en el método, se utiliza la cuantificación para codificar la cadena de bits, en el que en primer lugar se determina un valor límite, en el que dicha diferencia se compara con dicho valor límite de manera que cuando la diferencia es menor, el valor cuantificado se determina cuantificando la diferencia, mientras que cuando la diferencia es mayor, el valor cuantificado se determina cuantificando el valor digitalizado originalmente del píxel.
- 30 4. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque dicha palabra de código se determina basándose en el número original y limitado de bits en el píxel de manera que la longitud de la palabra de código no supere  $N - (M-1)$  cuando M corresponde al número limitado de bits y N corresponde al número original de bits.
- 35 5. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dicha palabra de código se determina basándose en el número original y limitado de bits en el píxel de manera que la longitud de la palabra de código es dos cuando el valor absoluto de la diferencia es inferior a 32, y porque la longitud de la palabra de código es tres cuando el valor absoluto de la diferencia es superior a 31 e inferior a 128, en el que cuando el valor absoluto de la diferencia supera 128, la longitud de la palabra de código se selecciona para ser uno, en el que el método de codificación es modificado.
- 40 6. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque el método de codificación es el DPCM cuando las longitudes de la palabra de código son superiores a un bit.
- 45 7. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque el método de codificación es la codificación PCM cuando la longitud de la palabra de código es un bit.
- 50 8. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque el método de codificación es la codificación DPCM con valores que por otro lado no se utilizan en la codificación de predicción, si la longitud de la palabra de código es un bit.
- 55 9. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dicho valor de predicción es el valor de un valor de píxel codificado o la media de varios valores de píxel codificados.
- 60 10. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el píxel se codifica para una transferencia entre un módulo de cámara y un dispositivo electrónico.
11. Dispositivo para el procesado de imágenes, estando configurado dicho dispositivo para procesar una imagen, en el que el dispositivo comprende unos medios para codificar un píxel en una cadena de bits codificada, en el que el número de bits es fijo, **caracterizado** porque
- 65 - en el inicio de una línea cuando no está disponible un valor de predicción para el píxel,
- el dispositivo puede codificar en la cadena de bits un valor de píxel cuantificado,

## ES 2 287 688 T3

- si el valor de predicción está disponible, el dispositivo está configurado para determinar una diferencia entre el valor del píxel y el valor de predicción, utilizándose dicha diferencia para seleccionar un método de codificación de entre más de dos métodos de codificación con el fin de codificar dicho píxel en la cadena de bits, presentando cada método de codificación una magnitud del paso determinada para cuantificar el valor, y siendo diferente dicha magnitud de paso determinada en cada método de codificación, y
- 5 para codificar una palabra de código que indica el método de codificación seleccionado y la magnitud del paso del cuantificador en la cadena de bits, y
- 10 para codificar el valor cuantificado en la cadena de bits,
- presentando la cadena de bits, en dicho dispositivo, una longitud fija menor que la longitud del píxel digitalizado originalmente para cada píxel codificado en la imagen.
- 15 12. Dispositivo según la reivindicación 11, **caracterizado** porque el dispositivo comprende asimismo unos medios para determinar un valor límite, en el que el dispositivo está asimismo dispuesto para comparar dicha diferencia con dicho valor límite de manera que cuando la diferencia es menor, el dispositivo está dispuesto para determinar el valor cuantificado cuantificando la diferencia, mientras que cuando la diferencia es mayor, el dispositivo está dispuesto para determinar el valor cuantificado cuantificando el valor original del píxel.
- 20 13. Dispositivo según la reivindicación 11 ó 12, **caracterizado** porque el dispositivo comprende asimismo unos medios para decodificar la cadena de bits según la manera indicada por la palabra de código.
- 25 14. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, **caracterizado** porque el dispositivo comprende asimismo unos medios para realizar una comunicación móvil.
15. Sistema de procesado de imágenes que comprende el dispositivo según la reivindicación 11.
- 30 16. Sistema según la reivindicación 15, **caracterizado** porque el sistema comprende asimismo unos medios para determinar un valor límite, en el que el sistema está asimismo dispuesto para comparar dicha diferencia con dicho valor límite de manera que cuando la diferencia es menor, el sistema está dispuesto para determinar el valor cuantificado cuantificando la diferencia, mientras que cuando la diferencia es mayor, el sistema está dispuesto para determinar el valor cuantificado cuantificando el valor digitalizado originalmente del píxel.
- 35 17. Sistema según la reivindicación 15 ó 16, **caracterizado** porque el sistema está dispuesto para determinar dicha palabra de código basándose en el número original y limitado de bits en el píxel de manera que la longitud de la palabra de código no supere  $N - (M-1)$  cuando M corresponde al número limitado de bits y N corresponde al número original de bits.
- 40 18. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 17, **caracterizado** porque el sistema comprende asimismo unos medios para formar la longitud de la palabra de código basándose en el número original y limitado de bits en el píxel de manera que la longitud de la palabra de código es de dos bits cuando el valor absoluto de la diferencia es inferior a 32, y porque la longitud de la palabra de código es de tres bits cuando el valor absoluto de la diferencia es superior a 31 e inferior a 128, en el que cuando el valor absoluto de la diferencia supera 128, la longitud de la palabra de código es un bit, para cambiar el método de codificación.
- 45 19. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 18, **caracterizado** por un códec DPCM que el sistema está dispuesto para usar, cuando las longitudes de la palabra de código son superiores a un bit.
- 50 20. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 18, **caracterizado** por un códec PCM que el sistema está dispuesto para utilizar, cuando la longitud de la palabra de código es un bit.
- 55 21. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 18, **caracterizado** porque el sistema está dispuesto para utilizar un códec DPCM con valores que por otro lado no se utilizan en la codificación de predicción, cuando la longitud de la palabra de código es un bit.
22. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 21, **caracterizado** porque dicho valor de predicción es el valor de un valor de píxel codificado o la media de varios valores de píxel codificados.
- 60 23. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 22, **caracterizado** porque el sistema comprende asimismo unos medios para decodificar la cadena de bits.
24. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 23, **caracterizado** porque el sistema comprende asimismo un módulo de cámara y un dispositivo electrónico.
- 65 25. Sistema según la reivindicación 24, **caracterizado** porque el dispositivo electrónico comprende unos medios para realizar una comunicación móvil.

## ES 2 287 688 T3

26. Producto de software de ordenador para el procesado de imágenes, comprendiendo dicho producto de software de ordenador unos medios de almacenamiento, comprendiendo dichos medios de almacenamiento unas instrucciones de software de ordenador para ejecutar el método según la reivindicación 1.

5 27. Módulo de cámara que comprende el dispositivo según la reivindicación 11.

28. Sistema de procesado de imágenes según la reivindicación 15 que comprende un decodificador.

10 29. Sistema según la reivindicación 28, **caracterizado** porque el método de codificación que se debe utilizar es una codificación DPCM o PCM.

30. Sistema según la reivindicación 28, **caracterizado** porque el método de codificación que se debe utilizar es una codificación DPCM que puede utilizar valores que por otro lado no se utilizan en la codificación de predicción.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

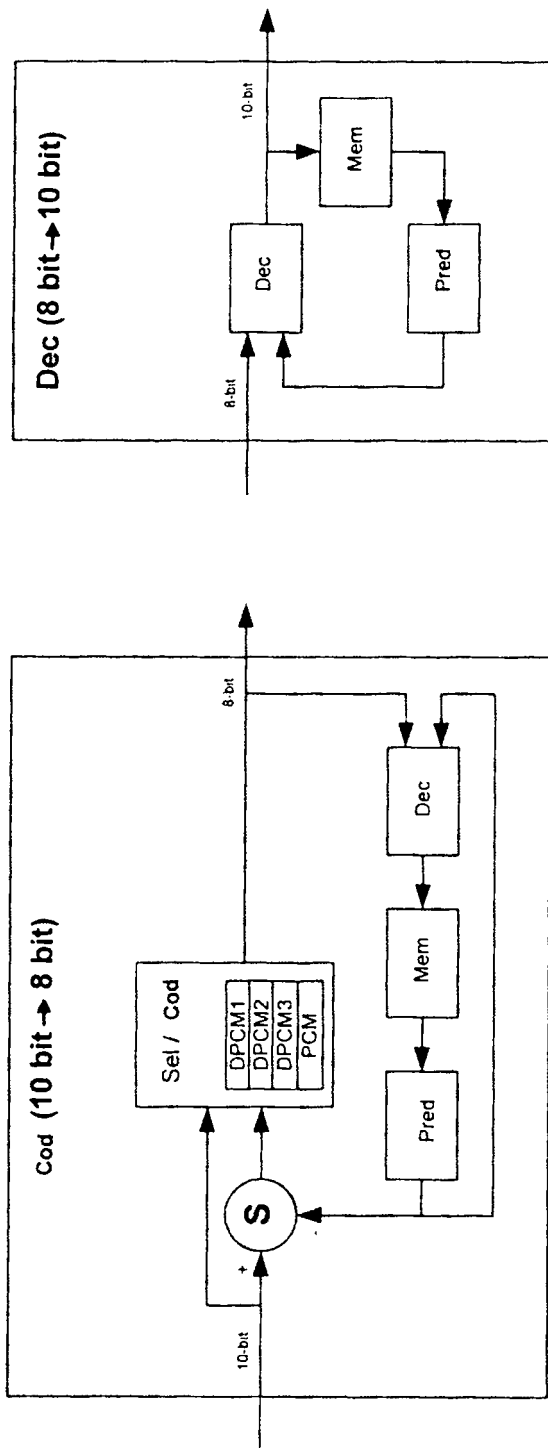


Fig. 1

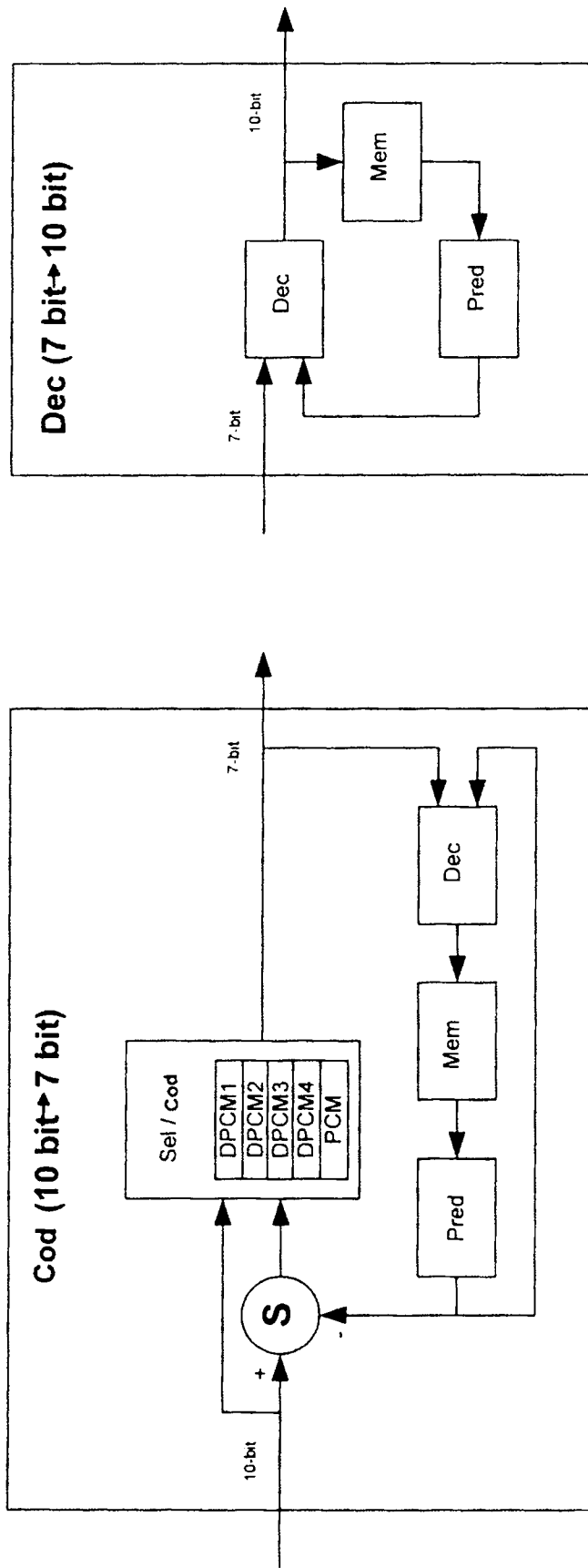


Fig. 2

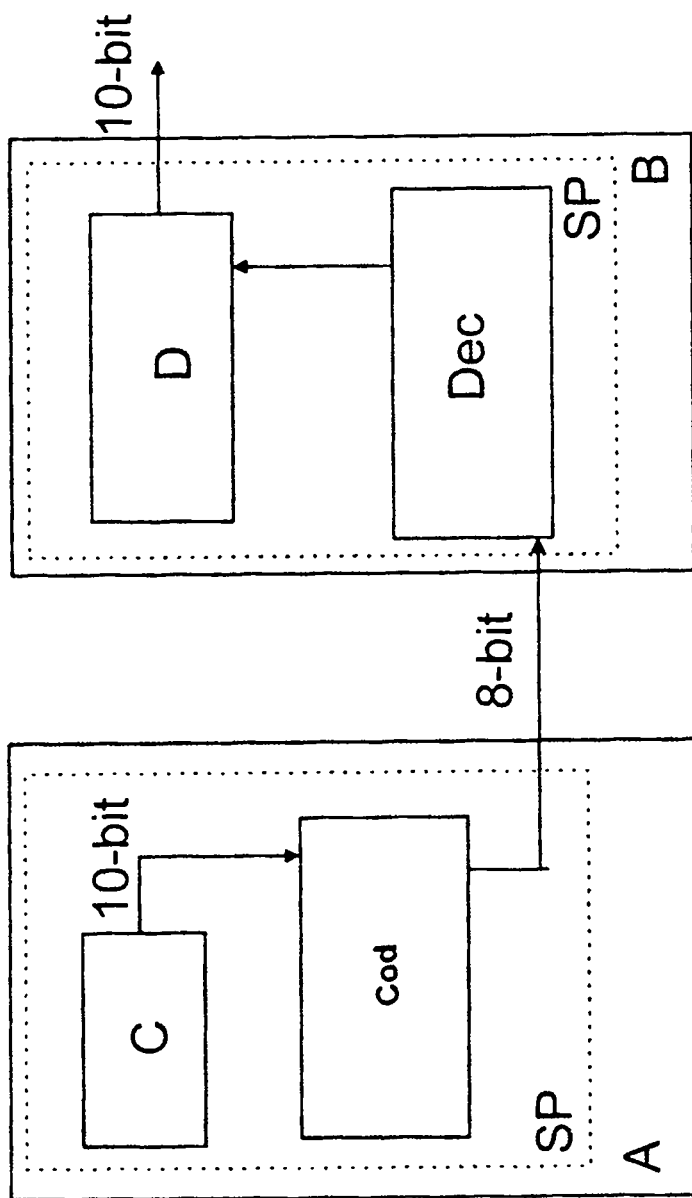


Fig. 3

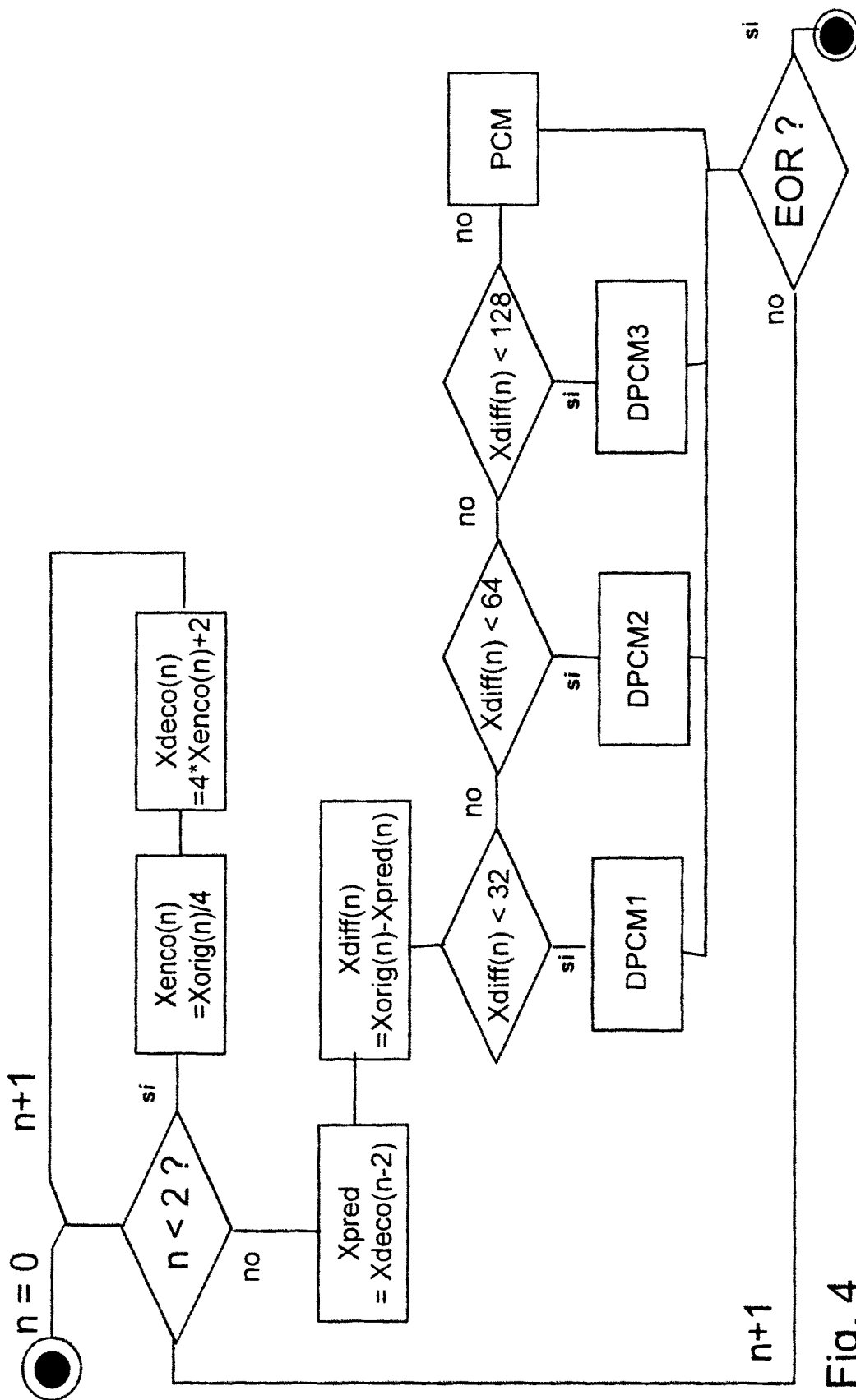


Fig. 4