

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 607 451**

51 Int. Cl.:

G06T 5/20 (2006.01)
H04N 1/409 (2006.01)
H04N 1/41 (2006.01)
H04N 19/117 (2014.01)
H04N 19/14 (2014.01)
H04N 19/176 (2014.01)
H04N 19/82 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.03.2012** **PCT/JP2012/055787**
87 Fecha y número de publicación internacional: **13.09.2012** **WO12121280**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.03.2012** **E 12754377 (5)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.09.2016** **EP 2665275**

54 Título: **Codificación de vídeo que emplea un filtro de bucle de reducción de graneado de imagen**

30 Prioridad:

09.03.2011 JP 2011051444

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
31.03.2017

73 Titular/es:

**NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE
CORPORATION (100.0%)
3-1, Otemachi 2-chome
Chiyoda-kuTokyo 100-8116, JP**

72 Inventor/es:

**MATSUMURA MASA AKI;
TAKAMURA SEISHI;
SHIMIZU ATSUSHI y
JOZAWA HIROHISA**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 607 451 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

Codificación de vídeo que emplea un filtro de bucle de reducción de graneado de imagen

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a tecnologías de codificación/decodificación de vídeo que utilizan un filtro de bucle que reduce el ruido de bloque, etc.

10 Técnica antecedente

Los términos utilizados en la presente descripción se definen de la forma siguiente.

15 - "Forma de búsqueda": un conjunto de puntos de búsqueda en torno a un píxel objetivo de correspondencia de plantillas, o la forma formada por el conjunto.

20 - "Forma de plantilla": un grupo de píxeles utilizado para calcular el grado de similitud entre el píxel objetivo y cada punto de búsqueda cuando se realiza la correspondencia de plantillas, o la forma formada por el grupo de píxeles. La misma forma se utiliza para un grupo de píxeles alrededor del píxel objetivo y para un grupo de píxeles alrededor de cada punto de búsqueda, y los valores de píxel en las posiciones que tienen la misma relación de posición relativa se comparan entre sí.

25 En el campo del procesamiento de imágenes, como una técnica de reducción de ruido cuando se toma una imagen y un deterioro de una imagen deteriorada, se han propuesto diversos filtros de eliminación de ruido. Entre otras cosas, se sabe que los filtros de eliminación de ruido según un método de medios no locales (véase el documento no patente 1) demuestran un alto efecto de eliminación de ruido. De aquí en adelante, los filtros de eliminación de ruido según el método de medios no locales se denominan filtros NLM.

30 La figura 18 es un diagrama que describe un filtro NLM. En la figura 18, una celda cuadrada es un punto de búsqueda, y un conjunto de puntos de búsqueda es una forma de búsqueda. P0 es un píxel objetivo de eliminación de ruido, y Ps es un píxel de un punto de búsqueda en un objetivo de búsqueda. To y Ts son formas de la plantilla, y la forma de la forma de la plantilla To de una fuente de comparación es la misma que la de la forma de plantilla Ts del objetivo de búsqueda.

35 En el filtro NLM, los píxeles correspondientes en la forma de la plantilla To de la fuente de comparación y la forma de plantilla Ts del objetivo de búsqueda se comparan entre sí, y se calcula el grado de similitud entre las plantillas. En general, el cálculo del grado de similitud entre las plantillas utiliza una suma de la diferencia al cuadrado (SSD) o una suma de la diferencia absoluta (SAD).

40 La figura 19 es un diagrama que ilustra entradas y una salida de una unidad de ejecución de filtro NLM. Básicamente, una unidad de ejecución del filtro NLM 1000 introduce cuatro elementos de información, que incluye una imagen objetivo de eliminación de ruido, una forma de búsqueda, una forma de plantilla, y un coeficiente de eliminación de ruido, y genera una imagen sin ruido resultante. Como el coeficiente de eliminación de ruido, se da una varianza como un valor típico cuando una imagen original, a la cual no se aplica ruido, está disponible, y un valor apropiado es ajustado por un usuario cuando una imagen original no está disponible.

La unidad de ejecución del filtro NLM 1000 calcula un valor de píxel sin ruido para cada píxel de la siguiente manera. A continuación, se describirá un ejemplo que utiliza SSD para calcular el grado de similitud entre las plantillas.

50 (1) La variable SW de la suma de las ponderaciones se inicializa a 0 y la variable SP de la suma de valores de píxel se inicializa a 0.

(2) Los siguientes procesos se repiten para todos los puntos de búsqueda en una forma de búsqueda.

55 (2-1) SSD se calcula como el grado de similitud entre las plantillas.

(2-2)

$$\text{Ponderación } W = \exp (-\text{SSD}/\text{coeficiente de eliminación de ruido})$$

60 (2-3)

$$\text{Suma de ponderaciones SW} = \text{suma de ponderación SW} + \text{ponderación W}$$

65 (2-4)

Suma de valores de píxel SP = suma de valores de píxel SP +
ponderación W x (valor de píxel del punto de búsqueda)

(3) Al término de los procesos de (2) para todos los puntos de búsqueda dentro de la forma de búsqueda, un valor de píxel sin ruido de un píxel objetivo de eliminación de ruido se obtiene mediante la siguiente ecuación.

(Valor de píxel sin ruido) = suma de valores de píxel SP/suma de ponderaciones SW

La unidad de ejecución del filtro NLM 1000 realiza un proceso de eliminación de ruido usando un único valor y una única forma para todos los píxeles de una imagen objetivo de eliminación de ruido cuando se le da un valor único como cada uno de los coeficientes de eliminación de ruido de entrada, la forma de búsqueda de entrada, y forma de plantilla de entrada, y realiza un proceso de eliminación de ruido mientras cambia un valor y formas para cada punto correspondiente cuando se le da a un grupo de elementos de datos correspondientes a cada píxel.

Por otra parte, con el fin de eliminar la distorsión de codificación, se instala un filtro de eliminación de ruido con un filtro de desbloqueo en la "HM", que es un modelo de prueba de "Codificación de vídeo de alta eficiencia" de normas de codificación de vídeo de próxima generación, para el cual actualmente se están realizando actividades internacionales de normalización por parte del "Grupo de Expertos en Imágenes en Movimiento (MPEG)" y el Grupo de Expertos en Codificación de Vídeo (VCEG)" (consulte el documento no patente 2).

Documentos de la técnica anterior

Documentos no patente

Documento no patente 1: A. Buades, B. Coll, y J.M. Morel, "A non-local algorithm for image denoising", Proc. IEEE Int. Conf. sobre Visión por Ordenador y Reconocimiento de Modelos, vol. 2, páginas 60-65, junio de 2005.

Documento no patente 2: Thomas Wiegand, Woo-Jin Han, Benjamin Bross, Jens-Rainer Ohm, y Gary J. Sullivan, "WD1: Working Draft 1 of High-Efficiency Video Coding", UIT-T SG16 WP3 e ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 3.^a reunión: Guangzhou CN,

Sumario de la invención

Problemas a resolver por la invención

Como se describió anteriormente, con el fin de eliminar la distorsión de codificación, hay un filtro de eliminación de ruido con un filtro de desbloqueo instalado en la "HM" de la "Codificación de Vídeo de Alta Eficiencia" de las normas de codificación de vídeo de próxima generación, pero es concebible que aumente la eficiencia de la codificación en comparación con los filtros de desbloqueo convencionales si el filtro NLM anteriormente se introduce en el HM.

Sin embargo, la complejidad de cálculo del filtro NLM es enorme, de modo que hay una posibilidad de que un tiempo de cálculo requerido para la decodificación se incremente en gran medida si un aparato de decodificación calcula filtros NLM para todos los píxeles.

Como se describió anteriormente, se realiza la correspondencia de plantillas en cada píxel objetivo de eliminación de ruido y cada punto de búsqueda dentro de una forma arbitraria de búsqueda utilizando una plantilla de forma arbitraria para calcular el grado de similitud entre las plantillas. Como resultado, suponiendo que, por ejemplo, la forma de la plantilla sea un bloque de NxN y la forma de búsqueda sea MxM, se requiere la complejidad de cálculo del orden de $N^2 \times M^2$ para realizar un cálculo de eliminación de ruido para un píxel. Por lo tanto, con el fin de utilizar el filtro NLM en un aparato de decodificación, y así sucesivamente, se requiere una tecnología de reducción de la complejidad de cálculo.

Un objeto de la presente invención es resolver los problemas anteriores y proporcionar una tecnología de reducción de la complejidad de cálculo de un filtro de eliminación de ruido, suprimiendo al mismo tiempo una reducción de la eficiencia de codificación. Debe señalarse que como eficiencia de codificación, por ejemplo, en el presente documento se utiliza una tasa de BD, que es una de las técnicas de evaluación internacionales y se calcula a partir de la calidad de la imagen y la cantidad de bits.

Medios para resolver los problemas

Con el fin de resolver los problemas anteriores, la presente invención realiza el siguiente proceso de filtro en la codificación de vídeo o decodificación de vídeo utilizando un filtro de bucle que realiza la correspondencia de plantillas entre una plantilla que es una fuente de comparación para un píxel objetivo de eliminación de ruido en una imagen decodificada y una plantilla para cada uno de los puntos de búsqueda que son objetivos de búsqueda dentro de una forma de búsqueda en la imagen decodificada y elimina el ruido del píxel objetivo usando ponderaciones según los grados de similitud entre las plantillas y la suma ponderada de los valores de píxel en los puntos de

búsqueda.

(1) El grado de desviación entre el píxel objetivo y un píxel alrededor del píxel objetivo se calcula utilizando la imagen decodificada.

(2) El grado de la desviación se utiliza como un índice utilizado para limitar una forma de plantilla de una plantilla, y un proceso de limitación de la forma de plantilla se ejecuta de manera que cuanto menor sea el grado de desviación con respecto al valor máximo del grado de desviación dentro de la imagen decodificada, menor es la forma de la plantilla. Por otra parte, se puede añadir además el siguiente proceso (3).

(3) Se ha detectado una región excesivamente asignada en la forma de plantilla limitada por el proceso (2), y la forma de la plantilla se reinicia para limitar aún más la forma de la plantilla.

Como se describió anteriormente, aunque convencionalmente una forma de plantilla se da de forma única para toda la trama como un valor fijo, es posible reducir la complejidad de cálculo de correspondencia de plantillas mediante la introducción de un proceso de limitación de una forma de plantilla para cada píxel con los procesos anteriores (1) y (2). Además, es posible reducir aún más la complejidad de cálculo ejecutando todavía más el proceso (3).

En consecuencia, es posible reducir la complejidad de cálculo del filtro de bucle, suprimiendo al mismo tiempo una reducción de la eficiencia de codificación de codificación/decodificación de vídeo.

Efectos ventajosos de la invención

Según la presente invención, es posible reducir la complejidad de cálculo, suprimiendo al mismo tiempo una reducción de la eficiencia de la codificación mediante la introducción de un proceso de limitación de una forma de plantilla para reducir el número de píxeles en las plantillas de entre los cuales se realiza la comparación en un proceso de filtro de bucle en codificación/decodificación de vídeo.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama que ilustra un ejemplo de una configuración de un aparato de codificación de vídeo al que se aplica un modo de realización de la presente invención.

La figura 2 es un diagrama de flujo del procesamiento del aparato de codificación de vídeo.

La figura 3 es un diagrama de flujo del procesamiento del aparato de codificación de vídeo.

La figura 4 es un diagrama que ilustra un ejemplo de una configuración de un aparato de decodificación de vídeo a la que se aplica un modo de realización de la presente invención.

La figura 5 es un diagrama de flujo del procesamiento del aparato de decodificación de vídeo.

La figura 6 es un diagrama de flujo del procesamiento del aparato de decodificación de vídeo.

La figura 7 es un diagrama que ilustra un primer ejemplo de una configuración de una unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido.

La figura 8 es un diagrama de flujo del procesamiento de la unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido.

La figura 9 es un diagrama que describe un ejemplo de limitación de una forma de plantilla mediante una unidad de ajuste de forma de plantilla.

La figura 10 es un diagrama que ilustra un segundo ejemplo de la configuración de la unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido.

La figura 11 es un diagrama de flujo del procesamiento de la unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido.

La figura 12A es un diagrama que describe un ejemplo de un método de detección de grado de desviación.

La figura 12B es un diagrama que describe el ejemplo del método de detección de grado de desviación.

La figura 13 es un diagrama que ilustra un histograma de grados de desviación, así como la relación entre los umbrales y el ajuste de regiones.

La figura 14A es un diagrama que describe un ejemplo de la configuración del número de muestras según la relación de integración.

5 La figura 14B es un diagrama que describe el ejemplo de la configuración del número de muestras según la relación de integración.

La figura 15A es un diagrama que describe un operador Sobel en un ejemplo de un método de detección de dirección de borde.

10 La figura 15B es un diagrama que describe los números según las direcciones en el ejemplo del método de detección de dirección de borde.

La figura 15C es un diagrama que describe un método para la asignación de los números en el ejemplo del método de detección de dirección de borde.

15 La figura 16A es un diagrama que describe una región objetivo de cálculo en un ejemplo de un método de reinicio de forma de la plantilla.

20 La figura 16B es un diagrama que describe una característica de ruido de bloque en el ejemplo del método de reinicio de forma de la plantilla.

La figura 16C es un diagrama que describe la configuración de las cuatro esquinas en el ejemplo del método de reinicio de forma de la plantilla.

25 La figura 17 es un diagrama que ilustra un ejemplo de una configuración de un sistema cuando se implementa un modo de realización de la presente invención usando un programa de software.

La figura 18 es un diagrama que describe un filtro NLM.

30 La figura 19 es un diagrama que ilustra entradas y una salida de una unidad de ejecución de filtro NLM.

Modos para llevar a cabo la invención

35 En lo sucesivo, los modos de realización de la presente invención se describirán con referencia a los dibujos. En primer lugar, se describirán ejemplos de un aparato de codificación de vídeo y un aparato de decodificación de vídeo al cual se aplicarán modos de realización de la presente invención. Hay que tener en cuenta que el aparato de codificación de vídeo y el aparato de decodificación de vídeo descritos a continuación son ejemplos de aparatos a los cuales se aplican modos de realización de la presente invención, y los modos de realización de la presente invención no están necesariamente restringidos por las configuraciones de estos aparatos.

40 [Ejemplo de aplicación a un aparato de codificación de vídeo]

45 La figura 1 es un diagrama que ilustra un ejemplo de una configuración de un aparato de codificación de vídeo al que se aplica un modo de realización de la presente invención. En el aparato de codificación de vídeo mostrado en la figura 1, una unidad de almacenamiento de imagen original 101 es una unidad de almacenamiento para todas las imágenes de una secuencia de entrada, que es un objetivo de la codificación, y secuencialmente emite imágenes objetivo de codificación de tramas.

50 En el aparato de codificación de vídeo de la figura 1, se ilustra un ejemplo en el que una unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido 113 retiene una forma de búsqueda de referencia y una forma de plantilla de referencia como valores fijos. Por otra parte, un ejemplo en el que como coeficiente de eliminación de ruido, se determina un coeficiente de eliminación de ruido que proporciona la eficiencia de codificación óptima en comparación con el de una imagen original, que está codificado en un flujo de bits como una sobrecarga de coeficiente de eliminación de ruido, tal como se ilustra. Cuando se suministra una forma de búsqueda y/o una forma de plantilla desde el exterior a través de, por ejemplo, el ajuste del usuario, es necesario transmitir estas formas a un aparato de decodificación, pero el ajuste desde el exterior se puede realizar mediante la codificación de estas formas como una sobrecarga similar al coeficiente de eliminación de ruido y, por lo tanto, se omite su descripción de las mismas en el ejemplo de aplicación para el presente aparato de codificación y en un ejemplo de aplicación para un aparato de decodificación.

60 Una unidad de determinación de tamaño de bloque 102 determina un tamaño de bloque, con el que una CodingUnit predeterminada se divide y se ejecuta la codificación, y emite un bloque objetivo y el tamaño de bloque. Una unidad de determinación de tamaño de predicción 103 determina un tamaño de predicción de bloque, con el que se predicen los valores de píxel del bloque objetivo, y emite un bloque objetivo y el tamaño de predicción. Una unidad de determinación técnica de predicción 104 determina una técnica que proporciona la mayor eficiencia de codificación entre técnicas, incluyendo la predicción de intra-trama y la predicción de inter-trama cuando se predicen

los valores de píxel del bloque objetivo, y emite una información de bloque de predicción y predicción cuando se utiliza la técnica. Se calcula la diferencia entre la salida del bloque objetivo por la unidad de determinación del tamaño de predicción 103 y el bloque de predicción para generar un bloque de diferencia.

5 Una unidad de determinación de tamaño de transformada 105 determina un tamaño de transformada, con el que se divide el bloque de diferencia, y emite bloques de diferencia divididos que tienen el tamaño de transformada, así como el tamaño de transformada. Una unidad de transformada de coseno discreta 106 aplica una transformada de coseno discreta (DCT) a los bloques de diferencia y emite los coeficientes DCT. Una unidad de cuantificación 107 cuantifica los coeficientes DCT y emite coeficientes DCT cuantificados.

10 Una unidad de cuantificación inversa 108 realiza la cuantificación inversa de los coeficientes DCT cuantificados para restaurar los coeficientes DCT. Una unidad de transformada de coseno discreta inversa 109 aplica una transformada de coseno discreta inversa a los coeficientes DCT y emite un bloque de diferencia decodificada. El bloque de diferencia decodificada se añade al bloque de predicción para generar una imagen decodificada parcial. Una unidad de almacenamiento de imágenes decodificadas 110 es una unidad de almacenamiento para almacenar la imagen decodificada parcial y las imágenes a las que también se puede hacer referencia en el aparato de decodificación. Una unidad de predicción intra-trama 111 se refiere a la imagen decodificada parcial almacenada en la unidad de almacenamiento de imágenes decodificadas 110 y emite una información de bloque de predicción y predicción.

20 Una unidad de determinación de coeficiente de eliminación de ruido 112 determina un coeficiente de eliminación de ruido que proporciona la eficiencia de codificación óptima con referencia a una imagen decodificada y la imagen original, y emite el coeficiente de eliminación de ruido.

25 La unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido 113 es un filtro que elimina el ruido de la imagen decodificada utilizando un método de procesamiento de imágenes que lleva a cabo la correspondencia de plantillas entre una plantilla que es una fuente de comparación para un píxel objetivo de eliminación de ruido en la imagen decodificada y una plantilla para cada uno de los puntos de búsqueda que son objetivos de búsqueda con referencia a la imagen decodificada como una imagen objetivo de eliminación de ruido, y elimina el ruido del píxel objetivo usando ponderaciones según el grado de similitud entre las plantillas y la suma ponderada de los valores de píxel en los puntos de búsqueda. Este proceso de filtrado genera una imagen decodificada filtrada en la que la distorsión de codificación se ha reducido. Esta unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido 113 es particularmente diferente a las técnicas convencionales. Un modo de realización detallado de la misma se describirá a continuación.

35 Una unidad de procesamiento de filtro de bucle adaptativo (ALF) 114 realiza un proceso de filtro en la imagen decodificada filtrada con el fin de estar cerca de la imagen original, y emite una imagen decodificada ALF-ed y coeficientes de ALF. Una memoria intermedia de tramas 115 es una unidad de almacenamiento para almacenar la imagen decodificada ALF-ed. Una unidad de predicción inter-trama 116 se refiere a la memoria intermedia de tramas 115 y emite una información de bloque de predicción y predicción.

40 Una unidad de codificación de información de secuencia 117 codifica la información única de la secuencia de entrada, tal como el número de píxeles en la dirección vertical y la dirección horizontal de vídeo y, a continuación, emite a una sobrecarga de información de secuencia hacia una unidad de almacenamiento de flujo de bits 125. Una unidad de codificación de tamaño de bloque 118 recibe el tamaño de bloque de la unidad de determinación de tamaño de bloque 102, realiza la codificación, y a continuación emite una sobrecarga de tamaño de bloque. Una unidad de codificación de tamaño de predicción 119 recibe el tamaño de predicción de la unidad de determinación de tamaño de predicción 103, realiza la codificación, y a continuación emite una sobrecarga de tamaño de predicción. Una unidad de codificación de información de predicción 120 recibe la información de predicción de la unidad de determinación de técnica de predicción 104, realiza la codificación y a continuación emite una sobrecarga de información de predicción.

50 Una unidad de codificación de tamaño de transformada 121 recibe el tamaño de transformada de la unidad de determinación de tamaño de transformada 105, realiza la codificación y, a continuación emite una sobrecarga de tamaño de transformada. Una unidad de codificación de coeficientes DCT cuantificada 122 recibe los coeficientes DCT cuantificados de la unidad de cuantificación 107, realiza la codificación y, a continuación emite una sobrecarga de DCT.

60 Una unidad de codificación de coeficientes de eliminación de ruido 123 recibe el coeficiente de eliminación de ruido determinado por la unidad de determinación de coeficiente de eliminación de ruido 112, realiza la codificación y, a continuación emite una sobrecarga de coeficiente de eliminación de ruido. Una unidad de codificación de coeficientes de ALF 124 recibe los coeficientes de ALF, realiza la codificación, y a continuación emite una sobrecarga de ALF. La unidad de almacenamiento de flujo de bits 125 es una unidad de almacenamiento para almacenar cada sobrecarga, y emite un flujo de bits como resultado de codificación al finalizar la codificación de toda la secuencia.

65 Una unidad de almacenamiento de información de codificación 126 es una unidad de almacenamiento para almacenar información de codificación, a la cual también se puede hacer referencia en el aparato de decodificación.

Esta información de codificación almacenada en la unidad de almacenamiento de información de codificación 126 se conoce y es utilizada por la unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido 113 y otras unidades.

[Flujo de procesamiento de un aparato de codificación de vídeo]

5 La figura 2 y la figura 3 ilustran un diagrama de flujo del procesamiento del aparato de codificación de vídeo mostrado en la figura. 1. El aparato de codificación de vídeo realiza los siguientes procesos.

10 - En primer lugar, en la etapa S101, se almacena una secuencia de entrada en la unidad de almacenamiento de imagen original 101.

- A continuación, en la etapa S102, la información de secuencia se codifica y se almacena en la unidad de almacenamiento de flujo de bits 125.

15 - A continuación, en la etapa 103, un proceso de bucle hasta la etapa S118 se realiza en todas las tramas objetivo de codificación.

- A continuación, en la etapa S104, un proceso de bucle hasta la etapa S114 se realiza en todas las CodingUnits (CUs) de una imagen objetivo de codificación.

20 - A continuación, en la etapa S105, se determina, codifica y almacena un tamaño de bloque en la unidad de almacenamiento de flujo de bits 125.

25 - A continuación, en la etapa S106, se determina, codifica, y almacena un tamaño de predicción en la unidad de almacenamiento de flujo de bits 125.

- A continuación, en la etapa S107, se calcula la diferencia entre un bloque objetivo y una técnica que proporciona la mayor eficiencia de codificación entre un bloque de predicción de la predicción intra-trama y un bloque de predicción de predicción inter-trama.

30 - A continuación, en la etapa S108, la información de predicción se almacena en la unidad de almacenamiento de flujo de bits 125.

35 - A continuación, en la etapa S109, un se determina, codifica y almacena un tamaño de transformada en la unidad de almacenamiento de flujo de bits 125.

- A continuación, en la etapa S110, se lleva a cabo una transformada de coseno discreta (DCT).

40 - A continuación, en la etapa S111, se realiza la cuantificación, y los coeficientes DCT cuantificados se codifican y almacenan en la unidad de almacenamiento de flujo de bits 125.

- A continuación, en la etapa S112, se realiza la cuantificación inversa y se lleva a cabo una transformada de coseno discreta inversa.

45 - A continuación, en la etapa S113, el bloque de predicción aplicado en la etapa S107 se añade a un bloque de diferencia decodificada después de la transformada inversa.

- A continuación, en la etapa S114, una imagen decodificada parcial obtenida por la adición se almacena en la unidad de almacenamiento de imágenes decodificadas 110.

50 - Una vez completado el proceso de bucle para todas las CUs de la imagen objetivo de codificación, en la etapa S115, se calcula un coeficiente de eliminación de ruido que proporciona la eficiencia de codificación óptima utilizando la imagen decodificada y la imagen original.

55 - A continuación, en la etapa S116, se ejecuta un proceso de filtro de eliminación de ruido usando la técnica actual en la imagen decodificada utilizando el coeficiente de eliminación de ruido calculado, y el coeficiente de eliminación de ruido se codifica y almacena en la unidad de almacenamiento de flujo de bits 125.

60 - A continuación, en la etapa S117, se ejecuta un filtro de bucle adaptativo (ALF), y los coeficientes de ALF se codifican y almacenan en la unidad de almacenamiento de flujo de bits 125.

- A continuación, en la etapa S118, una imagen decodificada ALF-ed se almacena en la memoria intermedia de tramas 115.

65 - Una vez completado el proceso de bucle para todas las tramas objetivo de codificación, en la etapa S119, se emite un flujo de bits y el procesamiento se completa.

[Ejemplo de aplicación al aparato de decodificación de vídeo]

La figura 4 es un diagrama que ilustra un ejemplo de una configuración de un aparato de decodificación de vídeo a la que se aplica un modo de realización de la presente invención. En lo sucesivo, se describirá el aparato de decodificación de vídeo mostrado en la figura 4. Una unidad de almacenamiento de flujo de bits 201 es una unidad de almacenamiento para un flujo de bits de entrada, y emite cada elemento de información de sobrecarga cuando surja la necesidad. Una unidad de decodificación de información de la secuencia 202 recibe la sobrecarga de información de secuencia, y decodifica la información única de una secuencia, tal como los números de píxeles en la dirección vertical y la dirección horizontal de vídeo.

Una unidad de decodificación de tamaño de bloque 203 recibe la sobrecarga de tamaño de bloque, y decodifica la información que indica un tamaño de bloque, con lo que una CodingUnit predeterminada se divide y codifica. Una unidad de decodificación de tamaño de predicción 204 recibe la sobrecarga de tamaño de predicción, y emite un tamaño de predicción aplicado en el aparato de codificación de vídeo.

Una unidad de decodificación de información de predicción 205 recibe la sobrecarga de información de predicción y emite la información de predicción. Una unidad de decodificación tamaño de transformada 206 recibe la sobrecarga de tamaño de transformada y emite un tamaño de transformada aplicado en el aparato de codificación de vídeo. Una unidad de decodificación de coeficiente DCT cuantificada 207 recibe el tamaño de transformada y la sobrecarga de DCT y emite coeficientes DCT cuantificados. Una unidad de decodificación de coeficiente de eliminación de ruido 208 recibe la sobrecarga de coeficiente de eliminación de ruido y emite un coeficiente de eliminación de ruido. Una unidad de decodificación coeficiente de ALF 209 recibe la sobrecarga de ALF y emite los coeficientes de ALF.

Una unidad de cuantificación inversa 210 realiza la cuantificación inversa de los coeficientes DCT cuantificados para restablecer el coeficiente DCT. Una unidad de transformada de coseno discreta inversa 211 aplica una transformada de coseno discreta inversa a los coeficientes DCT y emite una señal de diferencia decodificada. Una unidad de generación de bloque de predicción 212 recibe la información de predicción, una imagen decodificada parcial, y una trama de referencia, y genera un bloque de predicción. Una unidad de generación de imagen decodificada parcial 213 añade el bloque de predicción a la señal de diferencia decodificada para generar la imagen decodificada parcial.

Una unidad de almacenamiento de imágenes decodificadas 214 es una unidad de almacenamiento para almacenar la imagen decodificada parcial.

Una unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido 215 es un filtro que elimina el ruido de una imagen decodificada utilizando un método de procesamiento de imágenes que lleva a cabo la correspondencia de plantillas entre una plantilla que es una fuente de comparación para un píxel objetivo de eliminación de ruido en la imagen decodificada y una plantilla para cada uno de los puntos de búsqueda que son objetivos de búsqueda con referencia a la imagen decodificada como una imagen objetivo de eliminación de ruido, y elimina el ruido del píxel objetivo usando ponderaciones según el grado de similitud entre las plantillas y la suma ponderada de los valores de píxel en los puntos de búsqueda, y este proceso de filtro genera una imagen decodificada filtrada en la que la distorsión en los límites de bloque se ha reducido. Esta unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido 215 es particularmente diferente a las técnicas convencionales. Un modo de realización detallado de la misma se describirá a continuación.

Una unidad de procesamiento de ALF 216 recibe los coeficientes de ALF, realiza un proceso de filtro en la imagen decodificada filtrada con el fin de estar cerca de la imagen original, y emite una imagen decodificada ALF-ed. Hay que tener en cuenta que esta imagen decodificada ALF-ed se convierte en una imagen decodificada final en la decodificación. Una memoria intermedia de tramas 217 es una unidad de almacenamiento para almacenar la imagen decodificada ALF-ed. Una unidad de almacenamiento de información de codificación 218 es una unidad de almacenamiento para almacenar información de codificación, y esta información de codificación almacenada en la unidad de almacenamiento de información de codificación 218 es conocida y utilizada por la unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido 215 y otras unidades.

[Flujo de procesamiento del aparato de decodificación de vídeo]

La figura 5 y la figura 6 ilustran un diagrama de flujo del procesamiento del aparato de decodificación de vídeo mostrado en la figura 4. El aparato de decodificación de vídeo realiza los siguientes procesos.

- En primer lugar, en la etapa S201, un flujo de bits de entrada se almacena en la unidad de almacenamiento de flujo de bits 201.

- A continuación, en la etapa S202, se decodifica la información de secuencia.

- A continuación, en la etapa S203, se realiza un proceso de bucle hasta la etapa S214 en todas las tramas objetivo de decodificación.

- A continuación, en la etapa S204, se realiza un proceso de bucle hasta la etapa S211 en todas las CodingUnits (CUs) de una imagen objetivo de decodificación.

5 - A continuación, en la etapa S205, se decodifica un tamaño de bloque.

- A continuación, en la etapa S206, se decodifica un tamaño de predicción.

- A continuación, en la etapa S207, se decodifica información de predicción y se genera un bloque de predicción.

10 - A continuación, en la etapa S208, se decodifica un tamaño de transformada.

- A continuación, en la etapa S209, se decodifican los coeficientes DCT cuantificados.

15 - A continuación, en la etapa S210, se lleva a cabo cuantificación inversa y una transformada de coseno discreta inversa.

- A continuación, en la etapa S211, se genera un bloque decodificado usando el bloque de predicción de la etapa S207 y el resultado de la etapa S210 y se almacena en la unidad de almacenamiento de imágenes decodificadas 214.

- Una vez completado el proceso de bucle para todas las CUs de la imagen objetivo de decodificación, en la etapa S212, se decodifica un coeficiente de eliminación de ruido, y se ejecuta un proceso de filtro de eliminación de ruido usando la presente técnica en una imagen decodificada parcial.

25 - A continuación, en la etapa S213, los coeficientes de ALF se decodifican y se ejecuta un proceso de ALF.

- A continuación, en la etapa S214, una imagen decodificada ALF-ed se almacena en la memoria intermedia de tramas 217.

30 - Una vez completado el proceso de bucle para todas las tramas objetivo de decodificación, en la etapa S215, las tramas de la memoria intermedia de tramas 217 se emiten por orden de número de trama para generar una secuencia de salida, y se completa el procesamiento.

35 [Ejemplo 1 de unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido]

La figura 7 es un diagrama que ilustra un primer ejemplo de una configuración de la unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido. Una unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido 30 mostrada en la figura 7 es un filtro de bucle que se utiliza como la unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido descrita anteriormente 113 en el aparato de codificación de vídeo mostrado en la figura 1. Además, la unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido 30 también se utiliza como la unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido descrita anteriormente 215 en el aparato de decodificación de vídeo mostrado en la figura 4.

45 La unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido 30 está provisto de una unidad de ajuste de coeficiente de eliminación de ruido 301, una unidad de ejecución de filtro NLM 302, una unidad de almacenamiento de formas de búsqueda 303, una unidad de almacenamiento de formas de plantilla 304, una unidad de detección de grado de desviación 305, y una unidad de ajuste de forma de plantilla 306.

50 La unidad de ajuste de coeficiente de eliminación de ruido 301 genera coeficientes de eliminación de ruido que corresponden a las posiciones de píxel de una imagen objetivo de eliminación de ruido utilizando un coeficiente de eliminación de ruido de referencia predeterminado e información sobre codificación. En general, en una velocidad media a baja, el ruido de bloque empieza a ser notable en los límites de la unidad de una unidad de procesamiento de predicción PredictionUnit y una unidad de procesamiento de transformada TransformUnitr, y por lo tanto los coeficientes de eliminación de ruido en las posiciones de píxeles en las proximidades de estos límites se ajustan para ser más altas que las que están dentro de un bloque, usando la información de codificación.

55 La unidad de almacenamiento de formas de búsqueda 303 y la unidad de almacenamiento de formas de plantilla 304 son unidades de almacenamiento para el almacenamiento de las formas como un valor fijo. La unidad de detección de grado de desviación 305 y la unidad de ajuste de forma de plantilla 305 se proporcionan con el fin de introducir un proceso de limitación de una forma de plantilla sobre una base de píxel por píxel. En los filtros convencionales NLM, una forma de plantilla se da generalmente como un valor fijo para toda la trama. Por el contrario, en el presente modo de realización, como pre-procesamiento de un filtro NLM por la unidad de ejecución de filtro NLM 302, la unidad de detección de grado de desviación 305 detecta los grados de desviación de los píxeles circundantes para cada uno de los píxeles de una imagen decodificada, que es el imagen objetivo de eliminación de ruido, y la unidad de ajuste de forma de plantilla 306 clasifica los grados de desviación detectados por la unidad de detección de grado de desviación 305 en múltiples niveles y ajusta la forma de plantilla (de grande a

pequeña) de cada uno de los píxeles según el grado de desviación (de alto a bajo).

La unidad de ejecución del filtro NLM 302 introduce la imagen objetivo de eliminación de ruido, los coeficientes de eliminación de ruido para los píxeles ajustados por la unidad de ajuste de coeficiente de eliminación de ruido 301, la forma de plantilla para cada píxel ajustada por la unidad de ajuste de forma de plantilla 306, y la forma de búsqueda determinada a partir de la unidad de almacenamiento de formas de búsqueda 303 y emite una imagen sin ruido. El procesamiento realizado por la unidad de ejecución de filtro NLM 302 es similar al de un filtro NLM convencional divulgado en el documento no patente 1.

Como el coeficiente de eliminación de ruido de referencia, la forma de búsqueda de referencia, y la forma de plantilla de referencia, la información ajustada por un usuario puede introducirse en el aparato de codificación de vídeo o el aparato de decodificación de vídeo, o pueden almacenarse valores fijos por adelantado y se pueden usar los valores.

El presente modo de realización ilustra un ejemplo que introduce un coeficiente de eliminación de ruido y almacena una forma de búsqueda y una forma de plantilla en las unidades de almacenamiento 303 y 304 por adelantado como valores fijos. Cuando la forma de búsqueda y la forma de plantilla son ajustadas arbitrariamente por un usuario, el aparato de codificación de vídeo codifica estos elementos de información similares al coeficiente de eliminación de ruido, y el aparato de decodificación de vídeo decodifica estas piezas de información, realizando de esta forma el ajuste del usuario.

La figura 8 es un diagrama de flujo del procesamiento de la unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido 30 mostrado en la figura 7. En primer lugar, en la etapa S301, la unidad de procesamiento del filtro de eliminación de ruido 30 adquiere un coeficiente de eliminación de ruido, una imagen objetivo de eliminación de ruido y la información de codificación que se introducen desde el exterior. La imagen objetivo de eliminación de ruido se introduce desde la unidad de almacenamiento de imágenes decodificadas 110 (en un caso de codificación) o la unidad de almacenamiento de imágenes decodificadas 214 (en un caso de decodificación) y la información de codificación se introduce desde la unidad de almacenamiento de información de codificación 126 (en un caso de codificación) o la unidad de almacenamiento de información de codificación 218 (en un caso de decodificación).

En la etapa S302, la unidad de ajuste de coeficiente de eliminación de ruido 301 ajusta los coeficientes de eliminación de ruido que corresponden a las posiciones de píxel de la imagen objetivo de eliminación de ruido a partir del coeficiente de eliminación de ruido de referencia de entrada y la información de codificación de entrada. A continuación, en la etapa S303, la unidad de detección grado de desviación 305 introduce la imagen objetivo de eliminación de ruido, calcula los grados de desviación entre un píxel objetivo y los píxeles circundantes, y emite un grupo de grados de desviación que corresponde a cada píxel. En la etapa S304, la unidad de ajuste de forma de plantilla 306 ajusta y emite una forma de plantilla limitada que corresponde a cada píxel utilizando el grupo de grados de desviación y una forma de plantilla predeterminada almacenada en la unidad de almacenamiento de formas de plantilla 304. Cuando la forma de plantilla está limitada, la forma de plantilla de entrada se trata como la forma máxima, y se aplica una limitación de manera que cuanto menor sea el grado de desviación, menor es la forma de la plantilla.

Finalmente, en la etapa S305, la unidad de ejecución del filtro NLM 302 ejecuta un filtro NLM según la información de conjunto y emite una imagen filtrada resultante.

La figura 9 es un diagrama que describe un ejemplo de la limitación de una forma de plantilla mediante la unidad 306 de ajuste la forma de plantilla. Por ejemplo, se supone que una entrada o conjunto forma de plantilla ajustada es un bloque de 5x5 como se muestra en la figura 9 (A). Esta forma de plantilla está limitada según los grados de desviación, como se muestra, por ejemplo, en la figura 9 (B). Cuando SSD se utiliza como el grado de similitud entre las plantillas, se requieren operaciones incluyendo 24 adiciones, 25 sustracciones y 25 multiplicaciones para la forma de plantilla original; por el contrario, mediante la limitación de la forma de plantilla, como se muestra en la figura 9 (B), solo se requieren operaciones incluyendo 12 adiciones, 13 sustracciones y 13 multiplicaciones, y por lo tanto la complejidad de cálculo se reduce en aproximadamente un 50 %.

El procesamiento mediante la unidad de procesamiento del filtro de eliminación de ruido 30 tiene por objeto la eliminación de ruido debido a la codificación, y no presupone la eliminación de ruido que se aplica de manera uniforme a la totalidad de una trama desde la trama como el procesamiento de imágenes en general. El ruido debido a la codificación (distorsión de codificación) se puede clasificar de forma aproximada en los siguientes tipos.

1. Desaparición de un modelo debido a la suavización
2. Ruido tipo zumbido alrededor de un borde debido a la DCT
3. Ruido de bloque generado en los límites de la unidad de PredictionUnit y TransformUnit

De éstos, el presente modo de realización no tiene como objetivo la restauración de un modelo perdido suavizando

porque es muy difícil hacerlo. Si un filtro NLM se aplica a dicha región suavizada, en la cual no hay cambio en el valor de píxel, se requiere la complejidad de cálculo a pesar de que casi no hay ningún cambio entre una señal de píxel antes del cálculo y una señal de píxel después del cálculo. El presente modo de realización calcula los grados de desviación de píxeles circundantes para reducir la complejidad de cálculo que también se asigna a una región suavizada.

[Ejemplo 2 de unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido]

La figura 10 es un diagrama que ilustra un segundo ejemplo de la configuración de la unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido. Una unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido 31 mostrada en la figura 10 es un filtro de bucle utilizado como la unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido 113 anteriormente descrita en el aparato de codificación de vídeo mostrado en la figura 1. Por otra parte, la unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido 31 también se utiliza como la unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido 215 anteriormente descrita en el aparato de decodificación de vídeo mostrado en la figura 4.

La unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido 31 está provista de una unidad de ajuste de coeficiente de eliminación de ruido 311, una unidad de ejecución de filtro NLM 312, una unidad de almacenamiento de forma de búsqueda 313, una unidad de almacenamiento de la formas de plantilla 314, una unidad de detección de grado de desviación 315, una unidad de ajuste forma de plantilla 316, una unidad de detección de dirección de borde 317, y una unidad de reinicio de forma de plantilla 318.

Esta unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido 31 es diferente a la unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido anteriormente descrita 30 mostrada en la figura 7 en que se proporciona la unidad de detección de dirección de borde 317 y la unidad de reinicio de forma de plantilla 318. Las otras unidades tienen las mismas funciones que las de la unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido 30.

La unidad de detección de dirección de borde 317 detecta direcciones de bordes de una imagen objetivo de eliminación de ruido, y emite un grupo de direcciones de borde correspondientes a los píxeles de la imagen objetivo de eliminación de ruido. Como un ejemplo de las direcciones de borde, hay un grupo de números o un grupo de ángulos que están numerados según las direcciones.

La unidad de reinicio de forma de plantilla 318 realiza el reinicio para limitar aún más una forma de plantilla que ha sido excesivamente asignada por la unidad de ajuste de forma de plantilla 316 con referencia a un grupo de direcciones de borde detectadas por la unidad de detección de dirección de borde 317, un grupo de grados de desviación detectados por la unidad de detección de grados de desviación 315, e información sobre codificación. Específicamente, se limita además una forma de plantilla que es propensa a ser asignada excesivamente a los alrededores de ruido de bloque, que es propenso a generarse en los límites de la unidad de PredictionUnit y TransformUnit.

La figura 11 es un diagrama de flujo del procesamiento de la unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido 31 mostrado en la figura 10. En primer lugar, en la etapa S311, la unidad de procesamiento del filtro de eliminación de ruido 31 adquiere un coeficiente de eliminación de ruido, una imagen objetivo de eliminación de ruido, e información de codificación que se introducen desde el exterior.

En la etapa S312, la unidad de ajuste de coeficiente de eliminación de ruido 311 ajusta los coeficientes de eliminación de ruido que corresponden a las posiciones de píxel de la imagen objetivo de eliminación de ruido a partir del coeficiente de eliminación de ruido de referencia de entrada y la información de codificación de entrada. A continuación, en la etapa S313, la unidad de detección grado de desviación 315 introduce la imagen objetivo de eliminación de ruido, calcula los grados de desviación entre un píxel objetivo y los píxeles circundantes, y emite un grupo de grados de desviación que corresponde a cada píxel. En la etapa S314, la unidad de ajuste de forma de plantilla 316 ajusta y emite una forma de plantilla limitada que corresponde a cada píxel utilizando el grupo de grados de desviación y una forma de plantilla predeterminada almacenado en la unidad de almacenamiento de formas de plantilla 314. Cuando la forma de plantilla está limitada, la forma de plantilla de entrada se trata como la forma máxima, y se aplica una limitación de manera que cuanto menor sea el grado de desviación, menor es la forma de la plantilla. Los procesos anteriores de las etapas S311 a S314 son los mismos que los de la unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido 30 descrito con referencia a la figura 8.

En la etapa S315, la unidad de detección de dirección de borde 317 detecta una dirección de borde de cada punto de la imagen objetivo de eliminación de ruido y emite un grupo de direcciones de borde. En la etapa S316, la unidad de ajuste de forma 318 reinicia la forma de plantilla utilizando la información de codificación, el grupo de direcciones de borde detectado por la unidad de detección de dirección de borde 317, y el grupo de grados de desviación detectados por la unidad de detección grado de desviación 315, para reducir una asignación excesiva de la forma de la plantilla ajustada en la etapa S314. Finalmente, en la etapa S317, la unidad de ejecución del filtro NLM 312 ejecuta un filtro NLM según la información ajustada y emite una imagen filtrada resultante.

[Ejemplo de método de detección grado de desviación]

Se describirá un ejemplo de los métodos de detección de grado de desviación en las unidades de detección de grado de desviación 305 y 315. La figura 12A y la figura 12B son diagramas que describen el ejemplo de los métodos de detección de grado de desviación. Se dará una descripción para un caso en que un píxel z mostrado en la figura 12A se ajuste como un píxel objetivo de eliminación de ruido y los números a a x se asignen a sus píxeles circundantes. Aquí, la suma ponderada obtenida multiplicando las diferencias absolutas entre el píxel z y los píxeles circundantes (a a x) por los coeficientes que tienen atenuación dependiendo de la distancia en consideración se utiliza como un índice para el grado de desviación (DiffIntensity). Es decir, DiffIntensity se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$\begin{aligned} \text{DiffIntensity} = & A (|h-z| + |l-z| + |m-z| + |q-z|) \\ & +B (|g-z| + |i-z| + |p-z| + |r-z|) \\ & +C (|c-z| + |k-z| + |n-z| + |v-z|) \\ & +D (|b-z| + |d-z| + |f-z| + |j-z| + |o-z| + |s-z| + |u-z| + |w-z|) \\ & +E (|a-z| + |e-z| + |t-z| + |x-z|) \end{aligned}$$

A a E en la ecuación son coeficientes determinados por adelantado según las distancias entre el píxel objetivo y los píxeles circundantes, y se ajustan arbitrariamente. Por ejemplo, una distribución de Gauss dependiendo de la distancia y así sucesivamente se puede aplicar a la configuración de estos coeficientes A a E. Hay que tener en cuenta que no todos los A a E son necesariamente objetivos, y es posible reducir la complejidad de cálculo del filtro, por ejemplo, ajustando D a 0.

Una vez finalizado el cálculo de todas las DiffIntensities, las unidades de detección de grado de desviación 305 y 315 emiten un grupo de grados de desviación a las unidades de ajuste de forma de plantilla subordinada 306 y 316.

Alternativamente, se contempla que se puede aplicar el valor absoluto de un filtro de Laplace, una suma de la diferencia al cuadrado (SSD), una varianza, etc. al cálculo de los grados de desviación.

Con el fin de reducir aún más la complejidad de cálculo, también se contempla una técnica de ajuste de varios puntos de muestreo como objetivos de cálculo para cada bloque de NxN que tienen un tamaño arbitrario para una imagen decodificada y el uso de los grados de desviación como valores típicos en las posiciones de píxel de los mismos.

La figura 12B ilustra un ejemplo de reducción del número de muestras. En este ejemplo, un bloque se divide en 2x2, y el píxel superior izquierdo y el píxel inferior derecho son objetivos de cálculo. Cuando el grado de desviación en este ejemplo se denota como DiffIntensity 2x2, DiffIntensity 2x2 se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$\text{DiffIntensity}_{2x2} = (\text{DiffIntensity en la posición de píxel de A} + \text{DiffIntensity en la posición de píxel de D}) / 2$$

La DiffIntensity 2x2 anterior se utiliza como un valor típico cuando se solicita referencia a los grados de desviación en las posiciones de píxel de A a D. En este ejemplo, la complejidad de cálculo requerida para el cálculo de los grados de desviación se reduce a aproximadamente la mitad.

[Ejemplo 1 de método de ajuste de forma de plantilla]

Como uno de los ejemplos de los métodos de ajuste de forma de plantilla en las unidades de ajuste de forma de plantilla 306 y 316, se dará un ejemplo de una reducción en la forma de plantilla para todos los puntos de una forma de plantilla de referencia de un bloque de 3x3 que se da a partir de un aparato que utiliza un grupo de grados de desviación calculados mediante las unidades de detección de grado de desviación 305 y 315.

La figura 13 es un diagrama que ilustra un histograma de grados de desviación, así como la relación entre los umbrales y el ajuste de regiones. Cuando el objetivo es una imagen natural, el histograma del grupo de grados de desviación se desvía a un valor más bajo, y cuanto mayor sea el grado de desviación, menor es la frecuencia de apariciones. Por otra parte, el histograma tiene una propiedad que se desvía a un menor grado de desviación a medida que el valor de un parámetro de cuantificación se hace más grande.

Las unidades de ajuste de forma de plantilla 306 y 316 crean un histograma de un grupo de entrada de grados de

desviación, dividen el histograma en cuatro de modo que las relaciones entre las áreas del mismo son iguales entre sí, y ajustan formas de plantilla para las regiones α a δ de la siguiente. El valor de un límite entre las regiones α y β se denota como $Th\alpha$, el valor de un límite entre las regiones β y γ se denota como $Th\beta$, y el valor de un límite entre las regiones γ y δ se denota como $Th\gamma$.

5 (1) Si el grado de desviación es menor que el umbral $Th\alpha$, Tmpshape = Ninguno (el número de elementos es 0). Cuando Tmpshape es Ninguno, no se realiza la correspondencia de plantillas.

10 (2) Si el grado de desviación es mayor que o igual al umbral $Th\alpha$ y más pequeño que $Th\beta$, Tmpshape = Punto (el número de elementos es 1).

Cuando Tmpshape es el Punto, solo se calcula SSD para un píxel objetivo y un píxel de un punto de búsqueda.

15 (3) Si el grado de desviación es mayor que o igual al umbral de $Th\beta$ y más pequeño que $Th\gamma$, Tmpshape = Cruz (el número de elementos es 5).

Cuando Tmpshape es Cruz, se lleva a cabo la correspondencia utilizando una forma de plantilla de cinco píxeles incluyendo el píxel objetivo y cuatro píxeles (superior, inferior, izquierdo y derecho).

20 (4) Si el grado de desviación es mayor que o igual al umbral de $Th\gamma$, Tmpshape = Bloque de 3x3 (el número de elementos es 9).

Cuando el Tmpshape es Bloque de 3x3, se lleva a cabo la correspondencia para todos los puntos de una forma de plantilla de un bloque de 3x3.

25 En comparación con una técnica de realización de correspondencia para todos los puntos de una forma de plantilla de un bloque de 3x3 y para todos los puntos de búsqueda, se obtienen las siguientes complejidades de cálculo introduciendo la presente técnica.

30 Región α : complejidad de cálculo 0

Región β : complejidad de cálculo 1/9

Región γ : complejidad de cálculo 5/9

35 Región δ : complejidad de cálculo 1

Dado que cada región ocupa 1/4 de toda la trama, la complejidad de cálculo total es de 5/12, y el valor teórico de la complejidad de cálculo se puede reducir a aproximadamente un poco menos de 1/2.

40 La siguiente es la razón por la cual la forma de plantilla se determina según el tamaño del grado de desviación de esta manera. Tiende a aparecer una señal que tiene un alto grado de desviación en los alrededores de un borde fuerte, y a continuación un borde débil; aparece ruido tipo zumbido debido a DCT, ruido en el momento de tomar una imagen, etc. como una señal que tiene entre un bajo grado de desviación y un grado medio de desviación. Dado que un filtro NLM tiene una propiedad que es eficaz en particular en los alrededores de un borde, el presente modo de
45 realización asigna una forma de plantilla grande a una región (región δ) donde el grado de desviación es alto, suprimiendo de esta manera un deterioro en el efecto de eliminación de ruido.

[Ejemplo 2 de método de ajuste de forma de plantilla]

50 Como otro ejemplo de los métodos de ajuste de forma de plantilla en las unidades de ajuste de forma de plantilla 306 y 316, se dará un ejemplo de una reducción en la forma de plantilla para todos los puntos de una forma de plantilla de referencia de un bloque de NxN que se da a partir de un aparato que utiliza un grupo de grados de desviación calculados mediante las unidades de detección de grado de desviación 305 y 315.

55 La figura 14A y la figura 14B son diagramas que describen un ejemplo del ajuste de un número de muestras según la relación de integración. Las unidades de ajuste de forma de plantilla 306 y 316 crean un histograma del grupo de grados de desviación, y ajustan una forma de plantilla mediante la relación entre los valores integrados de una función f (DiffIntensity) (figura 14B) que representa la distribución de los grados de desviación, donde el grado de
60 desviación de un píxel objetivo de eliminación de ruido en el histograma se denota como $ThIntensity$.

Es decir, cuando la forma de plantilla de referencia se da como un bloque de NxN como se muestra en la figura 14A, la forma de plantilla reducida se ajusta a un círculo y su diámetro se determina de la forma siguiente.

65 Forma ajustada (diámetro) = $N \times \{ \text{valor integrado de } f \text{ (DiffIntensity) desde 0 hasta Intensidad } Th \} /$

{valor integrado de f (DiffIntensity) desde 0 hasta el valor máximo Max}}

En consecuencia, es posible llevar a cabo la correspondencia de plantillas eficaz mediante el uso de una pequeña forma de plantilla cuando el grado de desviación es bajo y mediante el uso de una forma de plantilla grande cuando el grado de desviación es alto.

[Ejemplo 1 de método de detección de dirección de borde]

Como uno de los ejemplos del método de detección de dirección de borde de la unidad de detección de dirección de borde 317, se da un ejemplo en el que se aplica un filtro Sobel a una imagen decodificada para detectar una dirección de borde y se emite un número asignado según la dirección.

La figura 15A y la figura 15C son diagramas que describen el ejemplo del método de detección de dirección de borde (el filtro Sobel y los números según las direcciones). Un operador Sobel como se muestra en la figura 15A se aplica a los píxeles circundantes, y los números VecIndices (0 a 10) se asignan según las direcciones de borde detectadas como se muestra en la figura 15B. En este momento, se ajusta un único umbral Th , se asigna 0 a VecIndex si la suma absoluta de los componentes en el eje x y el eje y (dx y dy) es menor que el umbral Th , porque se considera que no existe ningún borde fuerte en un píxel objetivo, y se emiten los números como un grupo de direcciones de borde.

La figura 15C ilustra un algoritmo para la asignación de un número.

- If $|dx| + |dy| < Th$, VecIndex = 0.

- Si la condición anterior no se cumple y $dy = 0$, VecIndex = 6.

- Si las condiciones anteriores no se cumplen y $dx/dy < -8,0$, VecIndex = 6.

- Si las condiciones anteriores no se cumplen y $dx/dy < -2,0$, VecIndex = 7.

- Si las condiciones anteriores no se cumplen y $dx/dy < -1,0$, VecIndex = 8.

- Si las condiciones anteriores no se cumplen y $dx/dy < -0,5$, VecIndex = 9.

- Si las condiciones anteriores no se cumplen y $dx/dy < -0,125$, VecIndex = 10.

- Si las condiciones anteriores no se cumplen y $dx/dy < 0,125$, VecIndex = 1.

- Si las condiciones anteriores no se cumplen y $dx/dy < 0,5$, VecIndex = 2.

- Si las condiciones anteriores no se cumplen y $dx/dy < 1,0$, VecIndex = 3.

- Si las condiciones anteriores no se cumplen y $dx/dy < 2,0$, VecIndex = 4.

- Si las condiciones anteriores no se cumplen y $dx/dy < 8,0$, VecIndex = 5.

- Si ninguna de las condiciones anteriores se cumple, VecIndex = 6.

Con el fin de reducir la influencia del ruido tipo zumbido debido a DCT y el ruido en el momento de tomar una imagen y para reducir la complejidad de cálculo, también es eficaz aplicar un filtro Sobel a una imagen obtenida por reducción de escala de una imagen objetivo de eliminación de ruido de entrada a $1/N$ en la dirección vertical y la dirección horizontal en lugar de la imagen objetivo de eliminación de ruido de entrada sin escala reducida.

Cuando el filtro Sobel se aplica a la imagen con escala reducida a $1/N$, un resultado de cálculo de salida del filtro Sobel se trata como un valor típico de un grupo de una pluralidad de píxeles utilizados en la reducción de escala.

[Ejemplo 2 de método de detección de dirección de borde]

Como otro ejemplo del método de detección de dirección de borde en la unidad de detección de dirección de borde 317, se dará un ejemplo que aplica un filtro Sobel a una imagen objetivo de eliminación de ruido para detectar una dirección de borde y emite un ángulo en radianes (Radian). El operador Sobel descrito anteriormente mostrado en la figura 15A se aplica a los píxeles circundantes, y el ángulo en radianes se calcula a partir de los componentes en el eje x y el eje y (dx y dy) usando $\arctan (-\pi/2 \text{ a } \pi/2)$. En este momento, cuando la suma absoluta de dx y dy es menor que un umbral Th , se ajusta un valor (EXatan: por ejemplo, 100) fuera del rango de salida de $\arctan (-\pi/2 \text{ a } \pi/2)$.

Es decir, el ángulo en radianes (Radian) se define de la forma siguiente.

- Si $|dx| + |dy| < Th$, Radian = EXatan.

- Si la condición anterior no se cumple y $dy = 0$, Radian = $\pi/2$.

- De lo contrario, Radian = $\arctan(dx/dy)$.

[Ejemplo de método de reajuste de forma de plantilla]

Como uno de los ejemplos del método de reinicio de forma de plantilla en la unidad de reinicio forma de plantilla 318, se describe un ejemplo en el que la forma de plantilla ajustada por la unidad de ajuste de forma de plantilla 316 mostrada en la figura 9 se reinicia utilizando el grupo de grados de salida de desviación mediante la unidad de detección de grado de desviación 315 mostrado en la figura 12B, el grupo de direcciones de borde mostrado en la figura 15B y la figura 15C, y la información de codificación, para reducir aún más el tamaño de la forma de la plantilla.

La figura 16A y la figura 16C son diagramas que describen un método de reinicio de forma de plantilla. En primer lugar, un tamaño de la unidad de Trans-formUnit, que es una unidad de un proceso de transformada como DCT, se adquiere a partir de la información de codificación, y N píxeles en las proximidades de un borde exterior de cada unidad se ajustan como una región objetivo de ajuste como se muestra en la figura 16A. Con respecto a las otras regiones, el resultado del ajuste de la unidad de ajuste de forma de plantilla 316 antes descrita se utiliza sin modificación.

Cuando se utiliza un grupo de direcciones de borde, como se muestra en la figura 16B, VecIndices tienden a desviarse a 1 en las porciones superior e inferior del borde exterior de la unidad donde hay ruido de bloque perceptible; VecIndices tienden a desviarse a 6 en las porciones izquierda y derecha del borde exterior de la unidad, y se detecta un alto grado de desviación en estas porciones de límite. Por otra parte, en una gran región de parámetros de cuantificación en la que aparece ruido de bloque perceptible, una región relativamente plana tiende a aparecer dentro de TransformUnit.

Es decir, en una región de velocidad media a baja en la que un parámetro de cuantificación QP es grande, si se cumple la característica como se muestra en la figura 16B en la región objetivo de ajuste en la figura 16A, hay una alta posibilidad de que se genere ruido de bloque. Con respecto a las posiciones de píxel en los límites de bloque en las que VecIndices se desvían a 1 o 6, el resultado del cálculo utilizando una forma de plantilla grande es casi el mismo que con el uso de una pequeña forma de la plantilla. Sin embargo, se ajusta una forma la plantilla grande si se detecta un borde afilado en un límite de bloque, lo cual da como resultado ineficiencia.

Por lo tanto, la unidad de reajuste de forma de plantilla 318 revisa la forma de plantilla para resolver el problema de la ineficiencia. Como técnica de resolución específica, por ejemplo, la siguiente técnica es concebible. El siguiente ajuste se realiza en cada posición de píxel utilizando umbrales predeterminados Th1QP y Th2QP (donde $Th1QP < Th2QP$) para el parámetro de cuantificación QP y los umbrales predeterminados Th1Diff y Th2Diff (donde $Th1Diff < Th2Diff$) para el grado de desviación DiffIntensity. Al hacerlo, es posible reducir la complejidad de cálculo mientras se suprime un deterioro en el efecto de eliminación de ruido. Hay que tener en cuenta que se supone que Th1Diff y Th2Diff varían según el parámetro de cuantificación QP.

Si se cumple la siguiente condición, se ajusta una forma de plantilla TmpShape según un algoritmo de rama de reinicio descrito a continuación.

[Condición 1]: VecIndices en las posiciones de píxel objetivo en posiciones de píxel en la región objetivo ajuste de las porciones superior e inferior del borde exterior de la unidad son 1 (un borde horizontal) o 0 (una región plana), y VecIndices en posiciones de píxel adyacentes dentro de la unidad son 0 (una región plana).

[Condición 2]: O, VecIndices en las posiciones de píxel objetivo en posiciones de píxel en la región objetivo de ajuste de las porciones izquierda y derecha del borde exterior de la unidad son 6 (un borde vertical) o 0 (una región plana), y VecIndices en las posiciones de píxeles adyacentes dentro de la unidad es 0 (una región plana).

[Ejemplo de "Reinicio de Algoritmo de Rama"]

(1) Si el parámetro de cuantificación $QP > \text{umbral } Th2QP$, plantilla de forma TmpShape es Bloque de 3×3 o Cruz, y el grado de desviación $DiffIntensity > \text{umbral } Th1Diff$, TmpShape se reinicia a Punto (el número de elementos es 1).

(2) Si la condición anterior no se cumple, el parámetro de cuantificación $QP > \text{umbral } Th1QP$, forma de plantilla TmpShape es Bloque 3×3 , y el grado de desviación $DiffIntensity > \text{umbral } Th2Diff$, TmpShape se reinicia a Punto (el número de elementos es 1).

(3) Si las condiciones anteriores no se cumplen, el parámetro de cuantificación $QP > \text{umbral } Th1QP$, forma de

plantilla TmpShape es Bloque 3x3, y el grado de desviación DiffIntensity > umbral Th1Diff, TmpShape se reinicia a Cruz (el número de elementos es 5).

5 (4) Si las condiciones anteriores no se cumplen, el parámetro de cuantificación QP > umbral Th1QP, forma de plantilla TmpShape es Cruz, y el grado de desviación DiffIntensity > Th1Diff, TmpShape se reinicia a Punto (el número de elementos es 1).

(5) Si las condiciones anteriores (1) a (4) no se cumplen, el proceso se ha completado sin reiniciar TmpShape.

10 Dado que VecIndices generados por el ruido de bloque no se puede predecir para las regiones E, F, G y H en las cuatro esquinas de la figura 16C, la forma de plantilla se pone a cero para todas las posiciones de píxel dentro de las regiones utilizando las ramas de reajuste descritas anteriormente (1) a (5), si se cumplen las siguientes condiciones.

15 - Región E: hay un píxel que cumple las condiciones anteriores entre un grupo de píxeles de una región A, que es adyacente a la derecha del mismo, y un grupo de píxeles de una región C, que es adyacente en la parte inferior del mismo.

20 - Región F: hay un píxel que cumple las condiciones anteriores entre el grupo de píxeles de la región A, que es adyacente a la izquierda del mismo, y un grupo de píxeles de una región D, que es adyacente a la parte inferior del mismo.

25 - Región G: hay un píxel que cumple las condiciones anteriores entre un grupo de píxeles de una región B, que es adyacente a la derecha del mismo, y el grupo de píxeles de la región C, que es adyacente a la parte superior del mismo.

- Región H: hay un píxel que cumple las condiciones anteriores entre el grupo de píxeles de la región B, que es adyacente a la izquierda del mismo, y el grupo de píxeles de la región D, que es adyacente a la parte superior del mismo.

30 El presente modo de realización muestra un ejemplo en el que la complejidad de cálculo se reduce para un grupo de píxeles en los límites de bloque; por el contrario, también es posible una implementación en la que TmpShape está ajustada a Ninguno para todo el grupo de píxeles dentro de un bloque, y un filtro de eliminación de ruido se aplica solo a límites de bloque para reducir de esa forma en gran medida la complejidad de cálculo.

35 [Efecto de la reducción de la complejidad de cálculo]

40 Se confirmó que cuando un filtro de eliminación de ruido según la presente técnica se aplica a la codificación de vídeo estándar, es posible reducir en gran medida la complejidad de cálculo requerida para el filtro anterior mientras se suprime un deterioro la relación señal a ruido máxima (PSNR), en comparación con una técnica que incorpora un filtro NLM convencional (un filtro de eliminación de ruido según el método de medios no locales) en las normas de codificación de vídeo de próxima generación.

[Ejemplo de configuración cuando se usa el programa de software]

45 Los procesos del procesamiento de imágenes anterior, la codificación de vídeo, y la decodificación de vídeo también pueden ser realizados por un ordenador y un programa de software; el programa puede grabarse en un medio de grabación legible por ordenador, y el programa puede proporcionarse a través de una red.

50 La figura 17 ilustra un ejemplo de una configuración de un sistema cuando un modo de realización de la presente invención se implementa mediante un ordenador y un programa de software.

55 El presente sistema está configurado de tal manera que una unidad de procesamiento central (CPU) 50 que ejecuta un programa, una memoria 51, tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM), que almacena el programa y los datos a los que accede la CPU 50, una unidad de almacenamiento de señales de vídeo 52 que almacena una señal de vídeo objetivo de codificación o una señal de vídeo de imágenes decodificadas, una unidad de almacenamiento de programas 53 que almacena el programa para hacer que la CPU 50 ejecute los procesos descritos en los modos de realización de la presente invención, y una unidad de almacenamiento de flujo codificado 54 que almacena un flujo de bits como un resultado de codificación o decodificación de un flujo de bits objetivo están conectados entre sí a través de un bus.

60 La unidad de almacenamiento de programa 53 almacena un programa de codificación de vídeo 531 para codificar una señal de vídeo con un modo de realización de la presente invención y un programa de decodificación de vídeo 532 para la decodificación de un flujo de bits codificado utilizando un modo de realización de la presente invención. La unidad de almacenamiento de programa 53 puede almacenar estos dos programas.

65 Además, cuando se utiliza el presente sistema como un aparato de codificación de vídeo, el programa de

codificación de vídeo 531 está cargado en la memoria 51, la CPU 50 secuencialmente recupera y ejecuta las instrucciones del programa de codificación de vídeo 531 cargado en la memoria 51, codifica una señal de vídeo almacenado en la unidad de almacenamiento de señal de vídeo 52 utilizando la técnica descrita en un modo de realización de la presente invención, y almacena un flujo de bits como resultado de codificación en la unidad de almacenamiento de flujo codificado 54. Alternativamente, el flujo de bits puede emitirse a un aparato externo a través de una interfaz tal como un adaptador de red.

Además, cuando el presente sistema se utiliza como un aparato de decodificación de vídeo, el programa de decodificación de vídeo 532 está cargado en la memoria 51, la CPU 50 secuencialmente recupera y ejecuta las instrucciones del programa de decodificación de vídeo 532 cargado en la memoria 51, decodifica un flujo de bits almacenado en la unidad de almacenamiento de flujo codificado 54 usando la técnica descrita en un modo de realización de la presente invención, y almacena una señal de vídeo como resultado de decodificación en la unidad de almacenamiento de señal de vídeo 52. Alternativamente, la señal de vídeo como resultado de la decodificación se emite a un aparato de reproducción externo.

Aunque los modos de realización de la presente invención se han descrito anteriormente en detalle con referencia a los dibujos, la configuración específica no se limita a estos modos de realización. La presente invención no está limitada por la descripción anterior, y solo está limitada por las reivindicaciones adjuntas.

Aplicabilidad Industrial

La presente invención se puede utilizar, por ejemplo, en un filtro de bucle que reduce el ruido de bloque, etc. en codificación/decodificación de vídeo. La presente invención puede reducir la complejidad de cálculo de un filtro de eliminación de ruido, mientras suprime una reducción en la eficiencia de codificación.

Descripción de los números de referencia

30, 31, 113, 215 unidad de procesamiento de filtro de eliminación de ruido

301, 311 unidad de ajuste de coeficiente de eliminación de ruido

302, 312 unidad de ejecución del filtro NLM

305, 315 unidad de detección de grado de desviación

306, 316 unidad de ajuste de forma de plantilla

317 unidad de detección de dirección de borde

318 unidad de reinicio de forma de plantilla

REIVINDICACIONES

1. Un método de codificación/decodificación de vídeo que codifica o decodifica vídeo utilizando un filtro de bucle (30, 31), siendo el filtro de bucle un filtro que elimina el ruido de una imagen decodificada utilizando un método de procesamiento de imágenes que lleva a cabo la correspondencia de plantillas entre una plantilla que es una fuente de comparación para un píxel objetivo de eliminación de ruido en la imagen decodificada y una plantilla para cada uno de los puntos de búsqueda que son objetivos de búsqueda en una forma de búsqueda en la imagen decodificada, y elimina el ruido del píxel objetivo usando una ponderación según el grado de similitud entre la plantilla que es la fuente de comparación y la plantilla para cada uno de los puntos de búsqueda que son los objetivos de búsqueda, y que utiliza una suma ponderada de valores de píxel en los puntos de búsqueda, ejecutando el método:
una etapa (S303, S313) de cálculo del grado de desviación entre el píxel objetivo y un píxel alrededor del píxel objetivo utilizando la imagen decodificada; y
una etapa (S304, S314) de limitación de una forma de plantilla de modo que cuanto menor sea el grado de desviación con respecto al valor máximo del grado de desviación en la imagen decodificada, menor es la forma de la plantilla.
2. El método de codificación/decodificación de vídeo según la reivindicación 1, ejecutando el método:
una etapa (S315) de cálculo de una dirección de borde utilizando la imagen decodificada, que es un objetivo de eliminación de ruido; y
una etapa (S316) de limitar aún más una forma de plantilla de una o una pluralidad de píxeles en un borde exterior de un bloque objetivo de codificación o un bloque objetivo de decodificación en la forma de plantilla limitada, basándose en la dirección de borde calculado, un parámetro de cuantificación del bloque objetivo de codificación o el bloque objetivo de decodificación, y el grado de desviación.
3. Un aparato de codificación/decodificación de vídeo que codifica o decodifica vídeo utilizando un filtro de bucle (30, 31), siendo el filtro de bucle un filtro que elimina el ruido de una imagen decodificada utilizando un método de procesamiento de imágenes que lleva a cabo la correspondencia de plantillas entre una plantilla que es una fuente de comparación para un píxel objetivo de eliminación de ruido en la imagen decodificada y una plantilla para cada uno de los puntos de búsqueda que son objetivos de búsqueda en una forma de búsqueda en la imagen decodificada, y elimina el ruido del píxel objetivo usando una ponderación según el grado de similitud entre la plantilla que es la fuente de comparación y la plantilla para cada uno de los puntos de búsqueda que son los objetivos de búsqueda, y el uso de una suma ponderada de los valores de píxel en los puntos de búsqueda, comprendiendo el aparato:
una unidad de cálculo de grado de desviación (305, 315) que calcula el grado de desviación entre el píxel objetivo y un píxel alrededor del píxel objetivo utilizando la imagen decodificada; y
una unidad de ajuste de forma de plantilla (306, 316), que limita una forma de plantilla, de modo que cuanto menor sea el grado de desviación con respecto al valor máximo del grado de desviación en la imagen decodificada, menor es la forma de la plantilla.
4. El aparato de codificación/decodificación de vídeo según la reivindicación 3, comprendiendo además el aparato:
una unidad de detección de dirección de borde (317) que calcula una dirección de borde utilizando la imagen decodificada, que es un objetivo de eliminación de ruido; y
una unidad de reinicio de forma de plantilla (318), que limita aún más una forma de plantilla de una o una pluralidad de píxeles en un borde exterior de un bloque objetivo de codificación o un bloque objetivo de decodificación en la forma de plantilla limitada, en base a la dirección de borde calculada, un parámetro de cuantificación del bloque objetivo de codificación o el bloque objetivo de decodificación, y el grado de desviación.
5. Un programa de codificación/decodificación de vídeo que hace que un ordenador ejecute el método de codificación/decodificación de vídeo según la reivindicación 1 o la reivindicación 2.

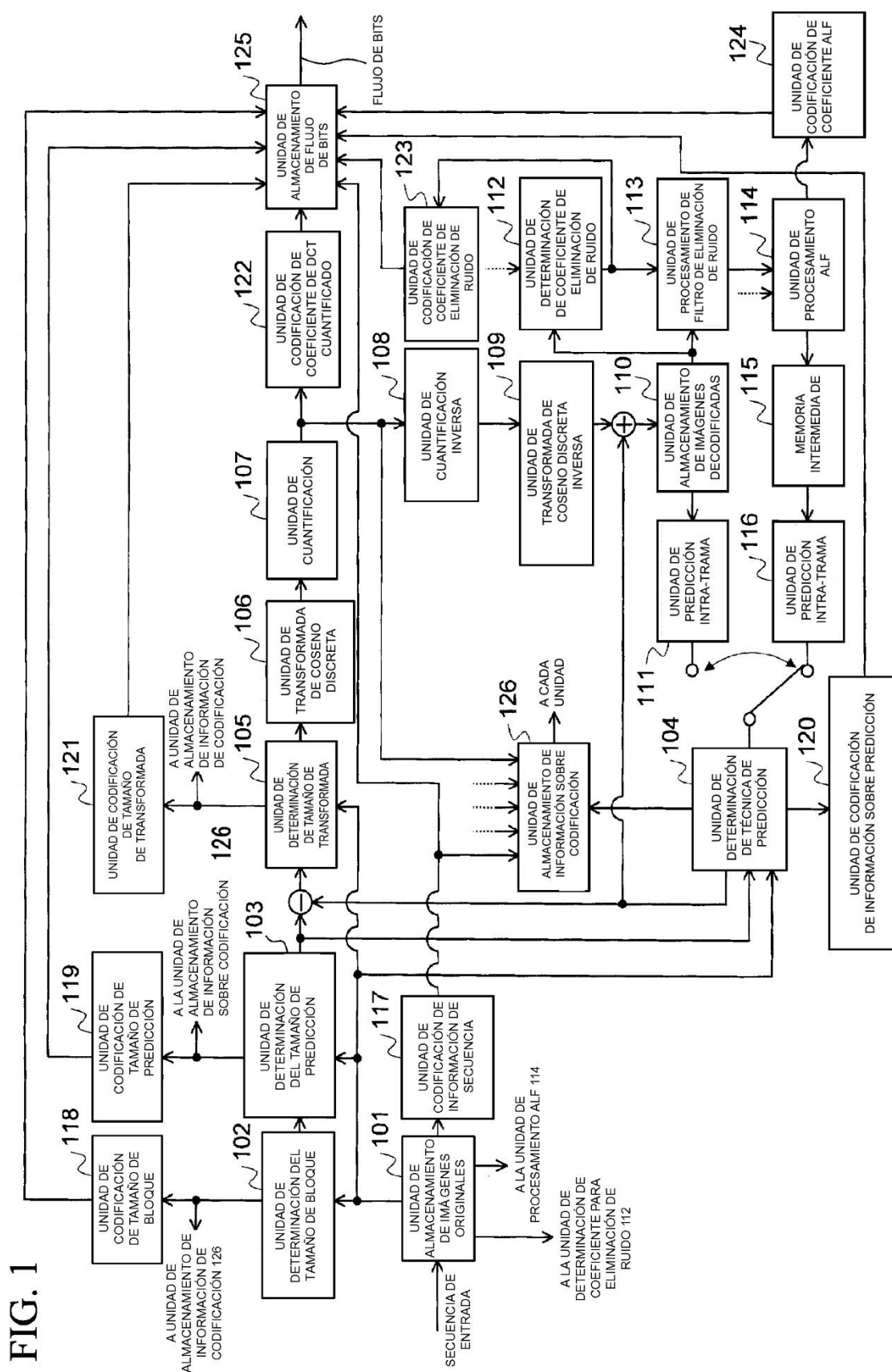


FIG. 2

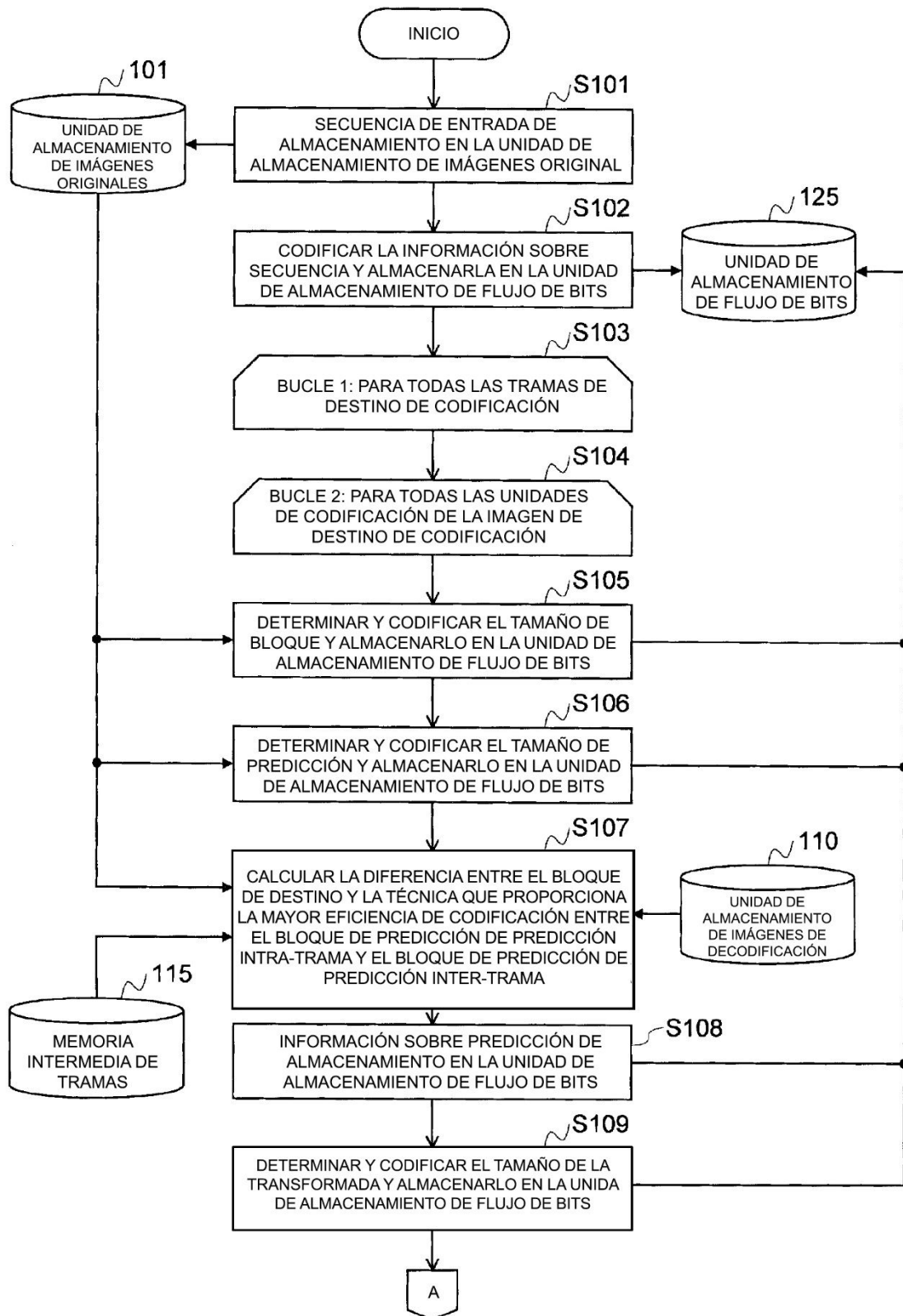


FIG. 3

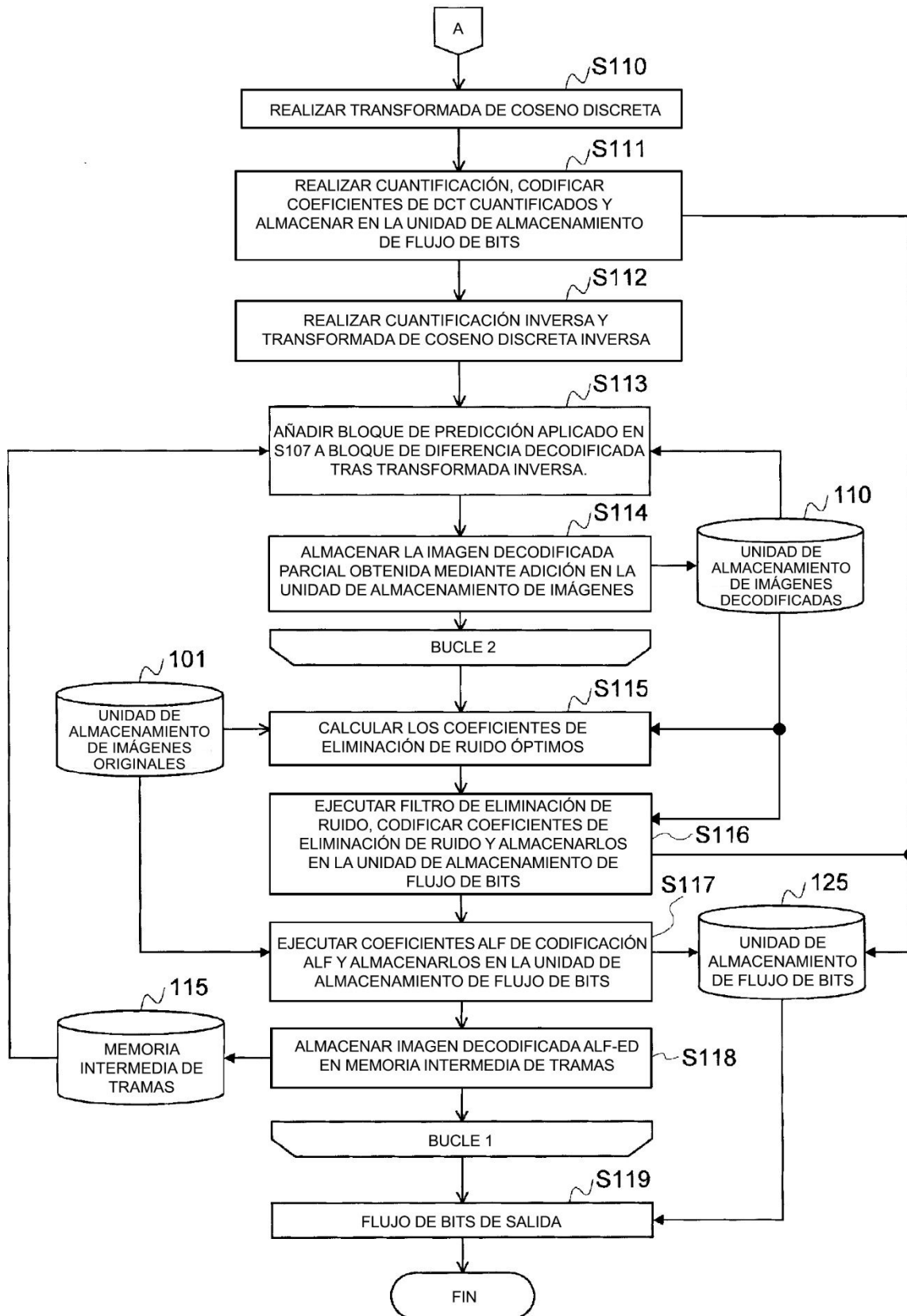


FIG. 4.

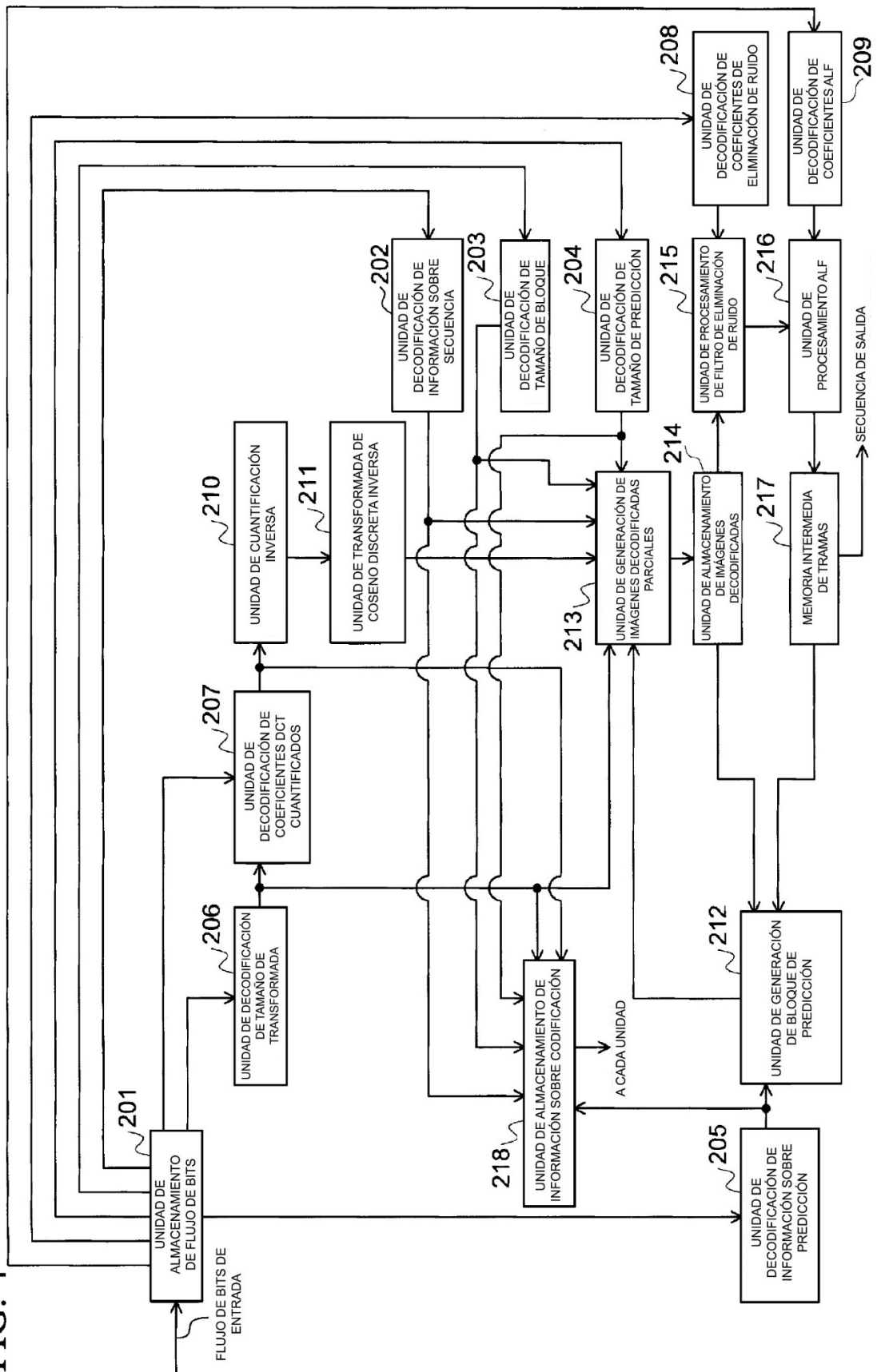


FIG. 5

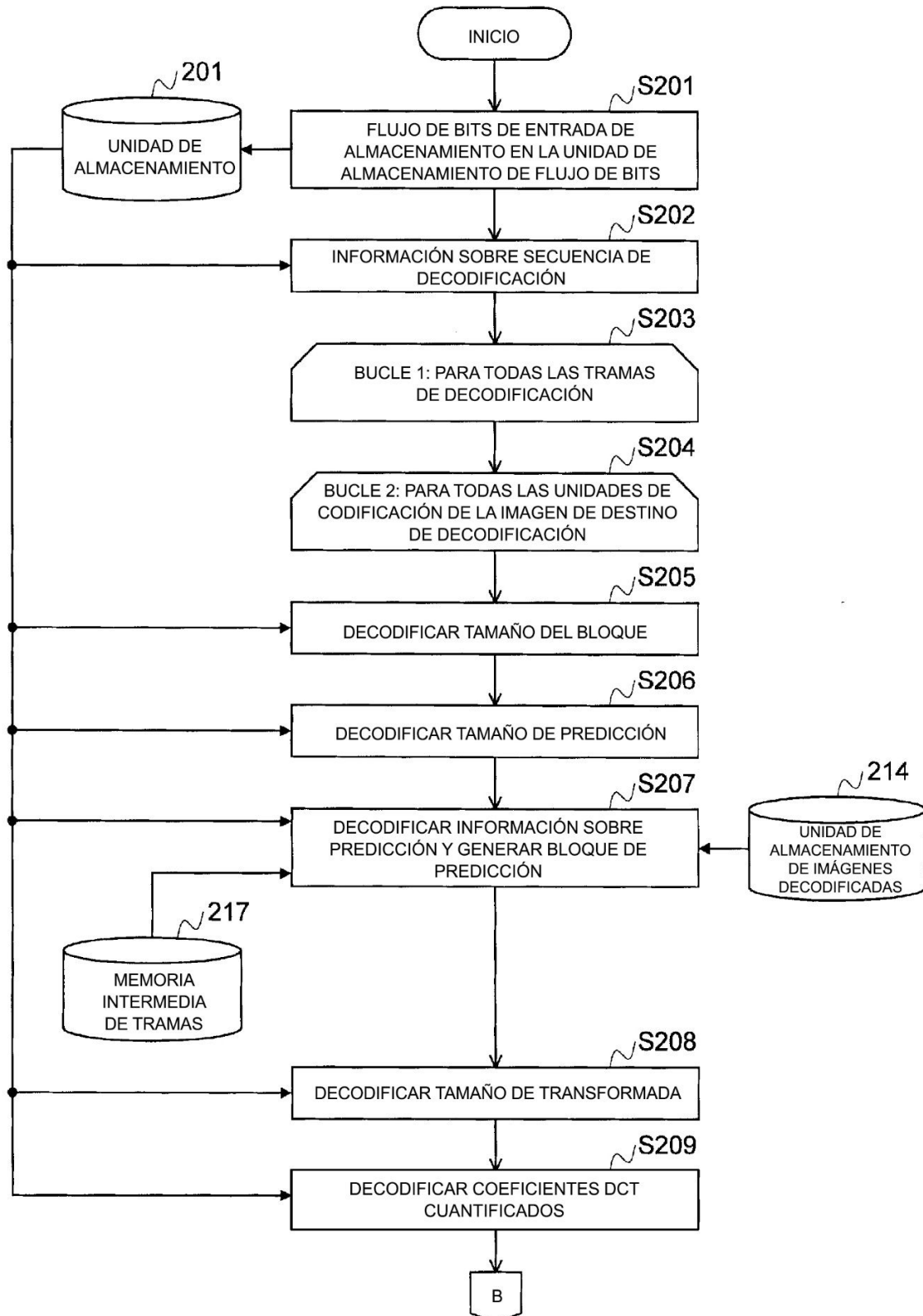


FIG. 6

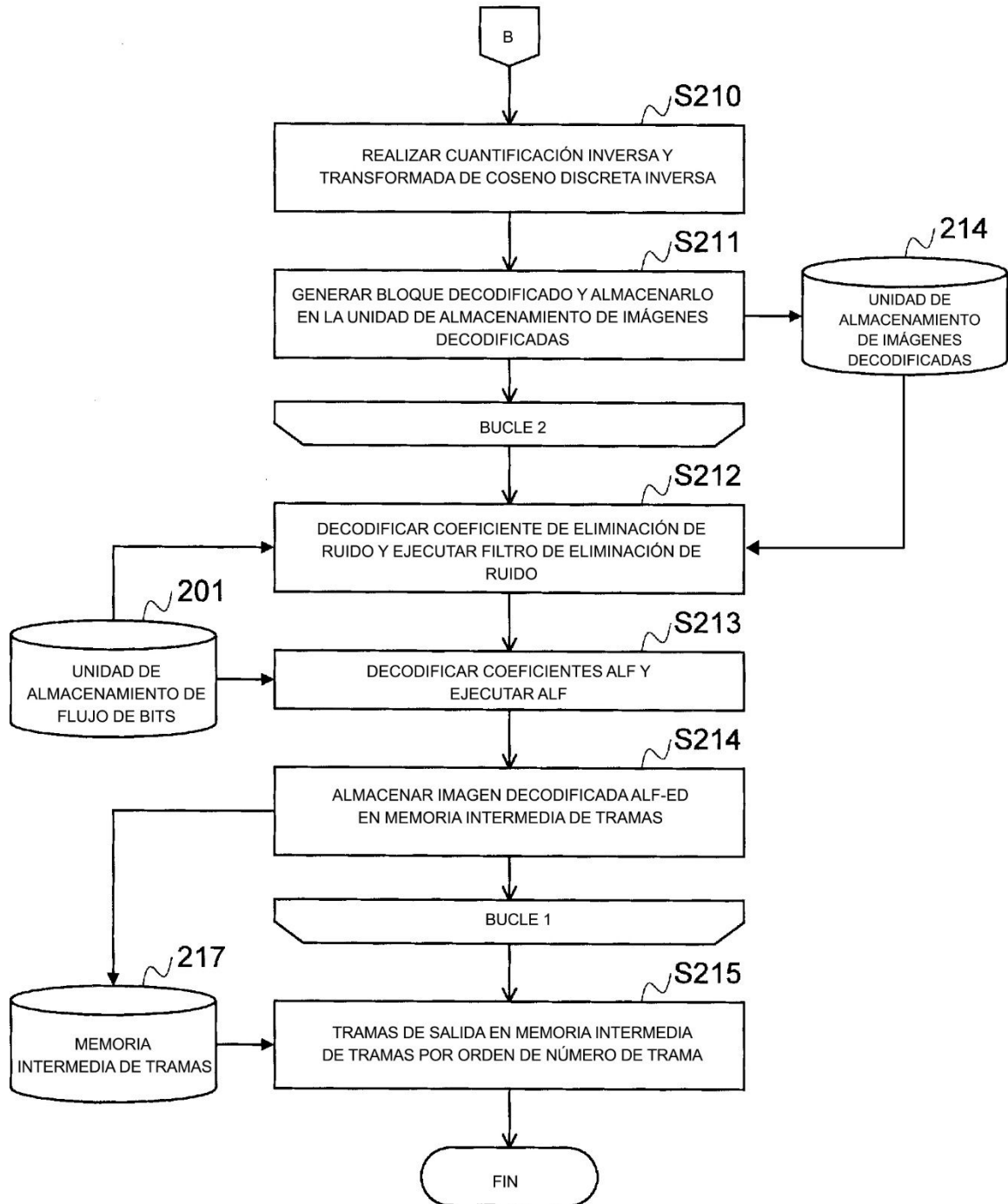


FIG. 7

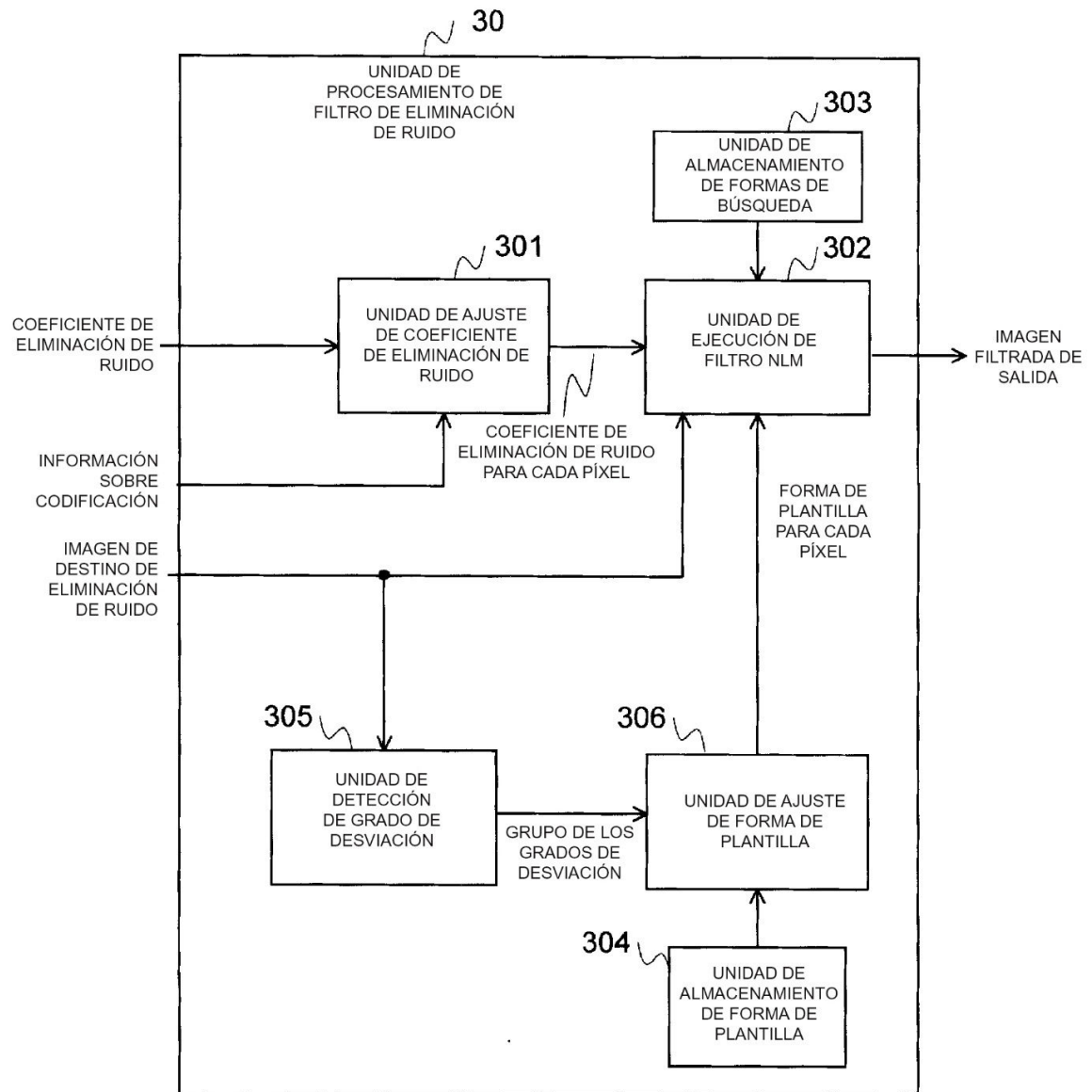


FIG. 8

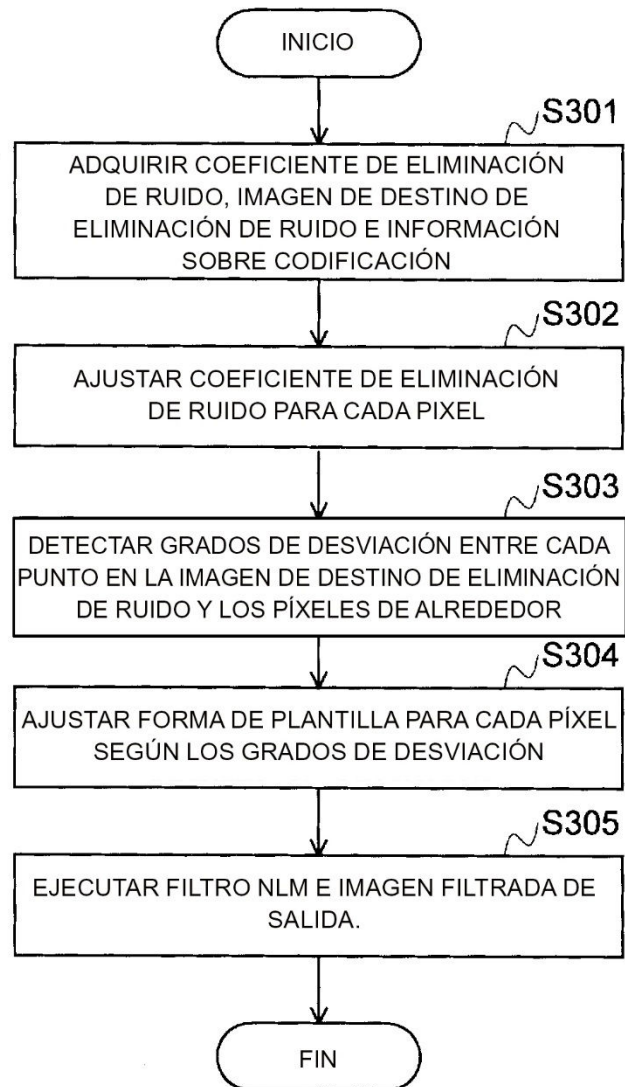


FIG. 9

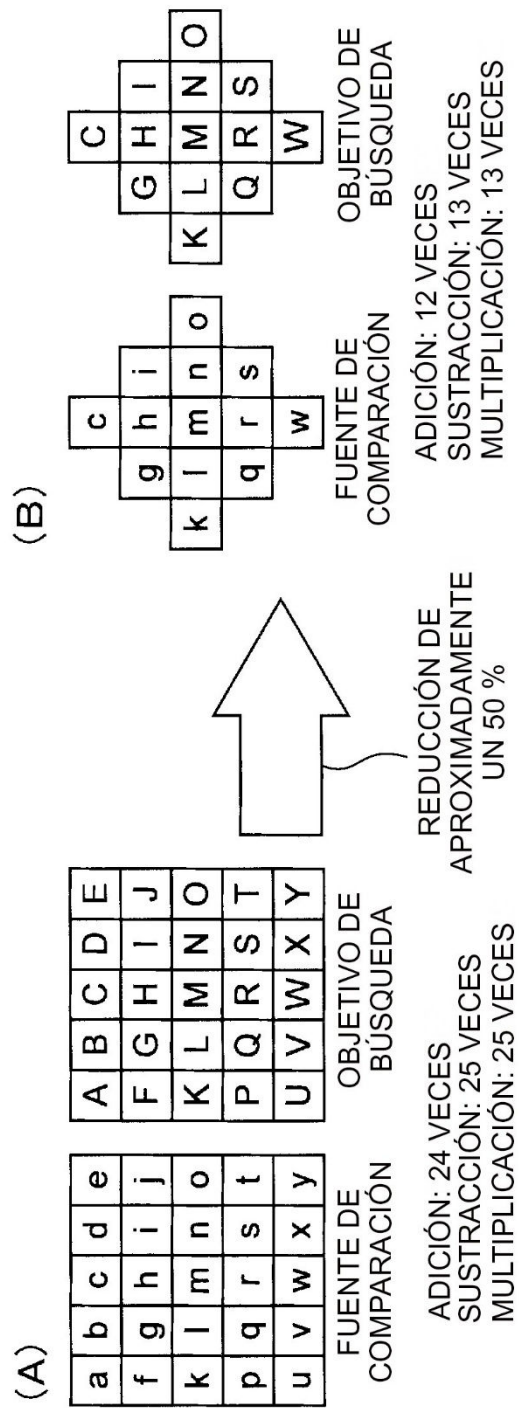


FIG. 10

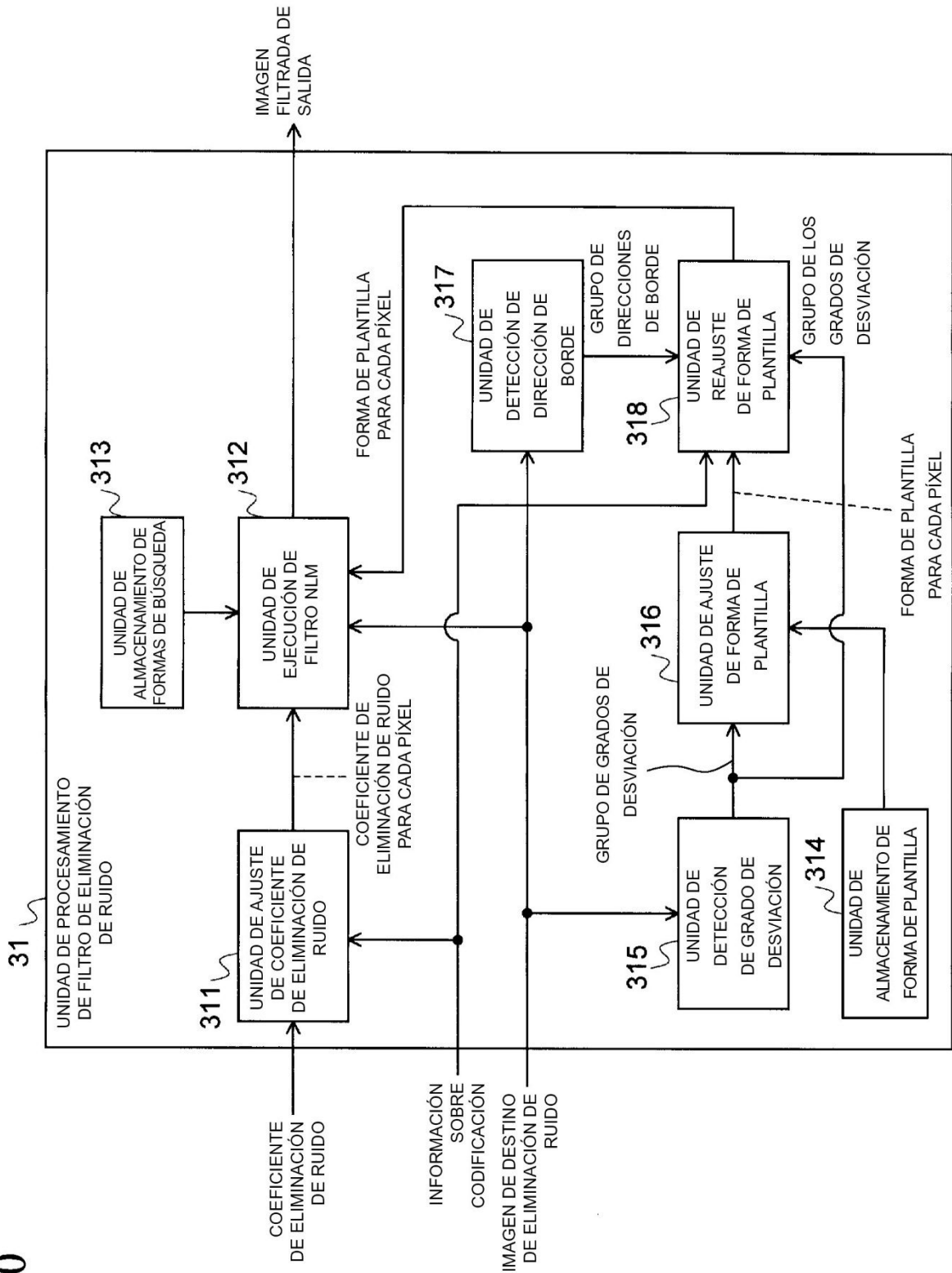


FIG. 11

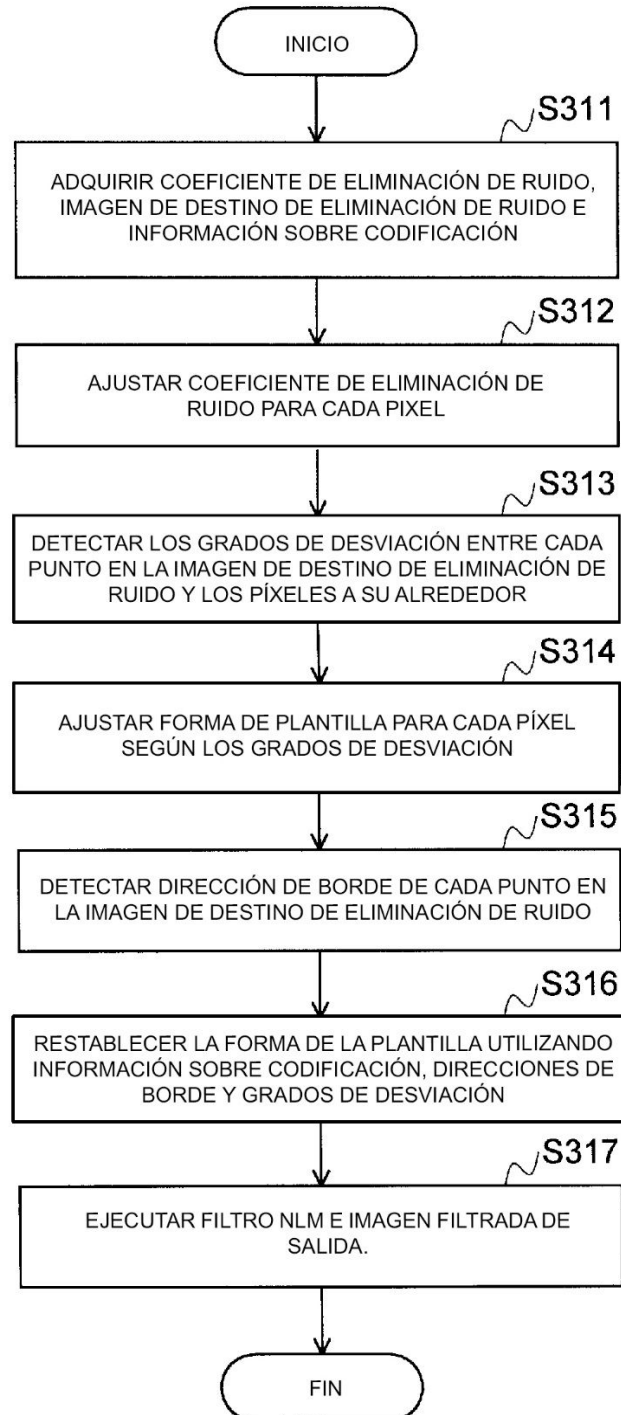


FIG. 12A

a	b	c	d	e
f	g	h	i	j
k	l	z	m	n
o	p	q	r	s
t	u	v	w	x

FIG. 12B

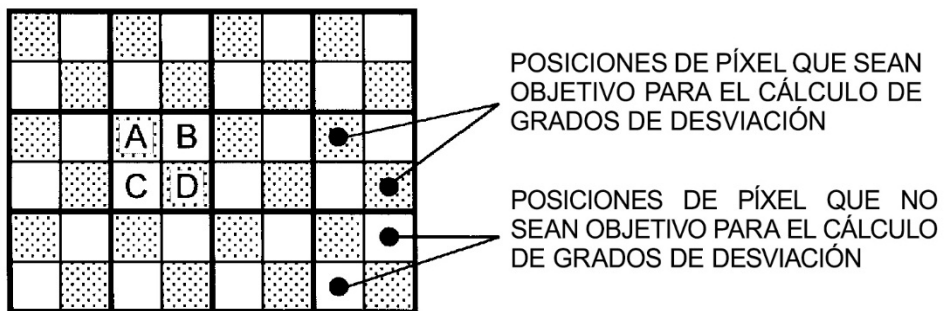


FIG. 13

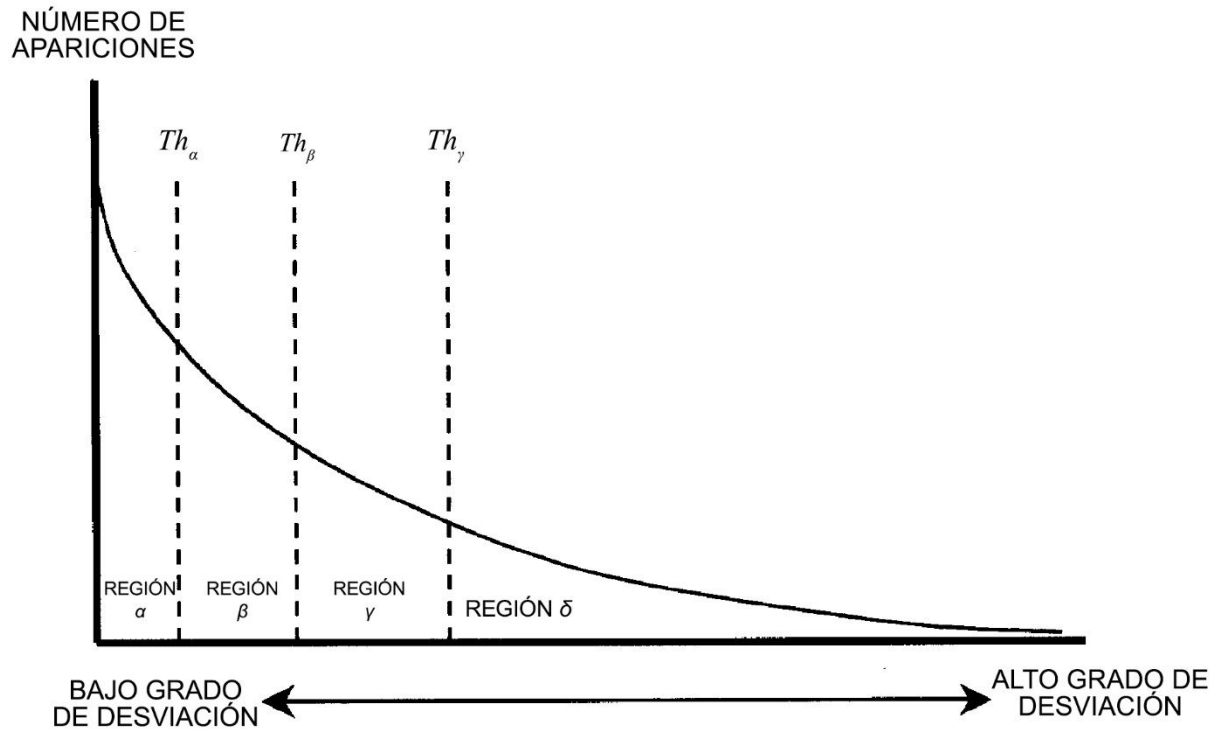


FIG. 14A

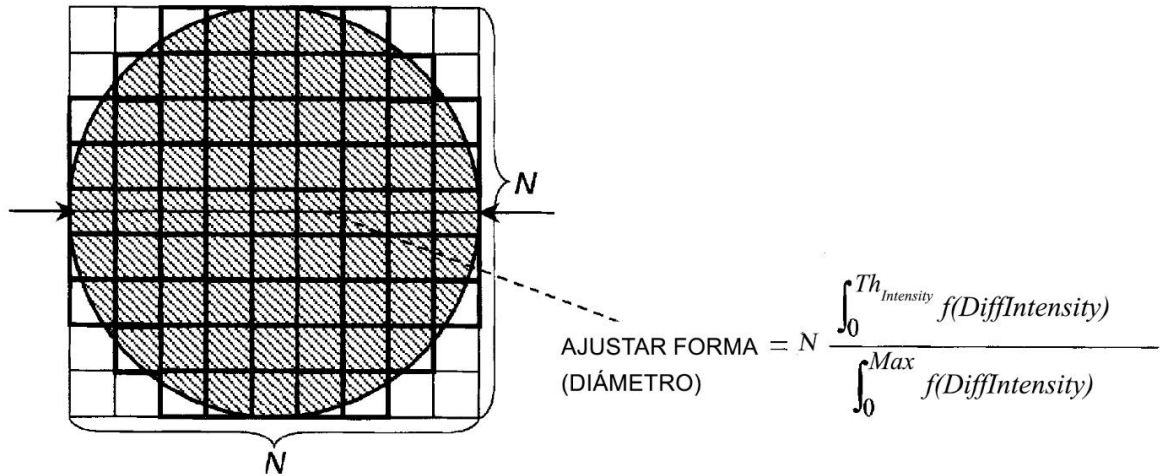


FIG. 14B

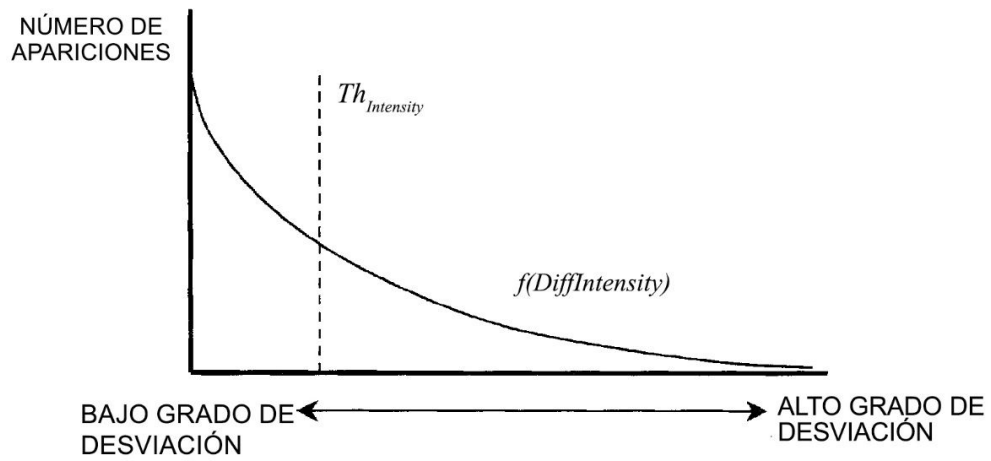


FIG. 15A

-1		1
-2		2
-1		1

dx

-1	-2	-1
1	2	1

dy

FIG. 15B

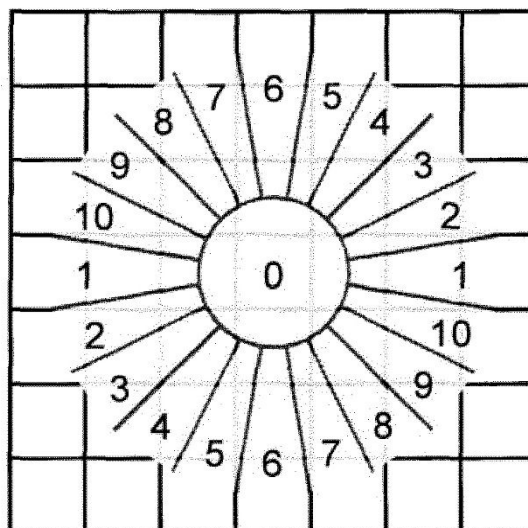


FIG. 15C

$VecIndex =$	{	0	<i>si</i>	$ dx + dy < Th$
		6	<i>si no</i> ,	<i>si</i> $dy = 0$
		6	<i>si no</i> ,	<i>si</i> $dx/dy < -8,0$
		7	<i>si no</i> ,	<i>si</i> $dx/dy < -2,0$
		8	<i>si no</i> ,	<i>si</i> $dx/dy < -1,0$
		9	<i>si no</i> ,	<i>si</i> $dx/dy < -0,5$
		10	<i>si no</i> ,	<i>si</i> $dx/dy < -0,125$
		1	<i>si no</i> ,	<i>si</i> $dx/dy < 0,125$
		2	<i>si no</i> ,	<i>si</i> $dx/dy < 0,5$
		3	<i>si no</i> ,	<i>si</i> $dx/dy < 1,0$
		4	<i>si no</i> ,	<i>si</i> $dx/dy < 2,0$
		5	<i>si no</i> ,	<i>si</i> $dx/dy < 8,0$
		6	<i>si no</i>	

FIG. 16A

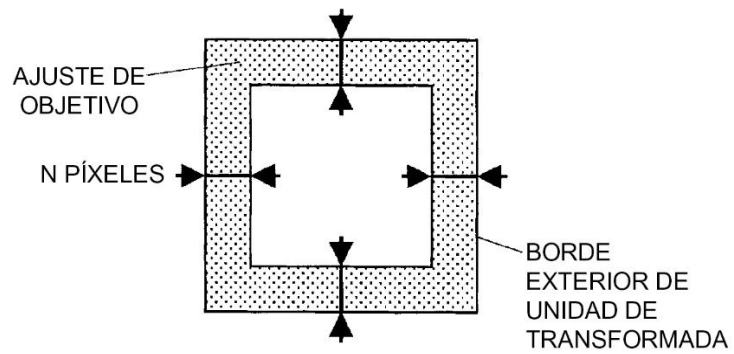


FIG. 16B

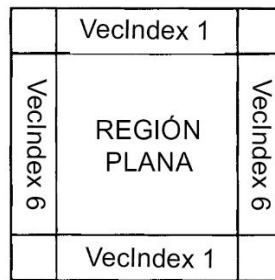


FIG. 16C

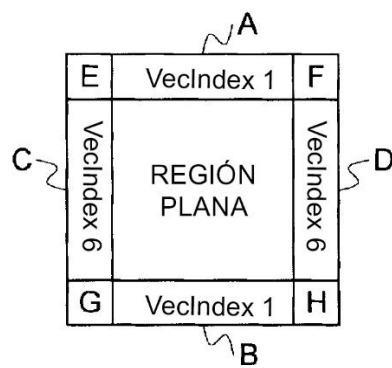


FIG. 17

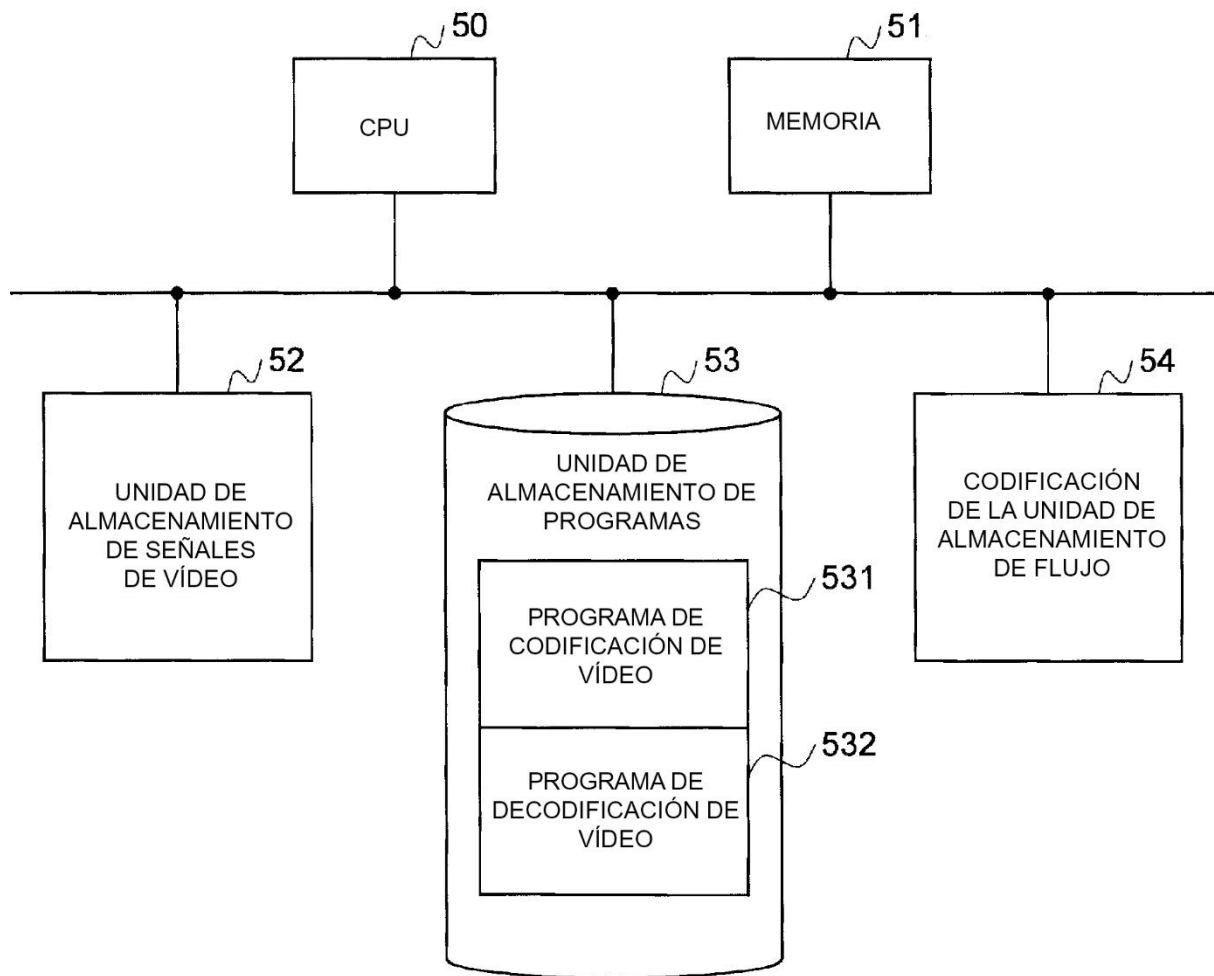


FIG. 18

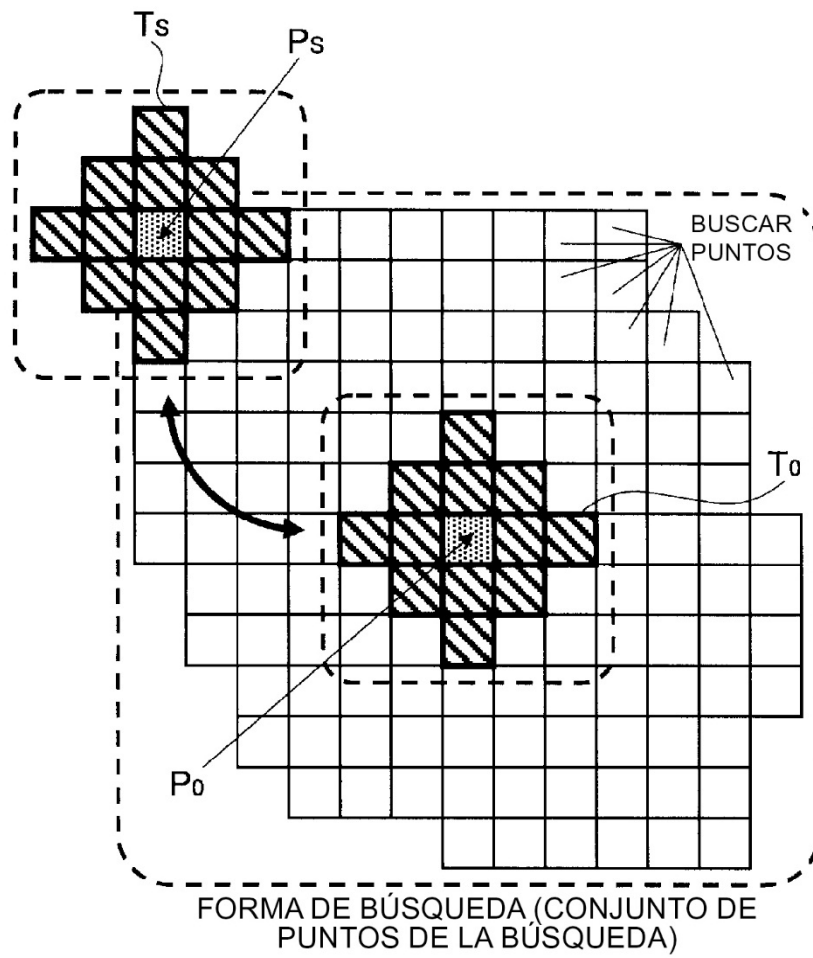


FIG. 19

