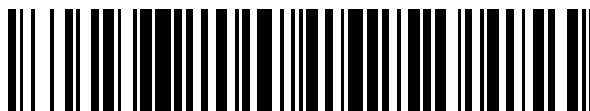


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 588 154**

51 Int. Cl.:

H04N 19/70 (2014.01)
H03M 7/30 (2006.01)
H04N 19/50 (2014.01)
H04N 19/146 (2014.01)
H04N 19/182 (2014.01)
H04N 19/90 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.10.2009 PCT/JP2009/005522**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **06.05.2010 WO10050152**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.10.2009 E 09823266 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.05.2016 EP 2343878**

54 Título: **Método de generación automática de procedimientos de generación de valores de predicción de píxel, método de codificación de imágenes, método de descodificación de imágenes, dispositivos que usan estos métodos, programas para estos métodos y medio de grabación en el que estos programas están grabados**

30 Prioridad:

27.10.2008 JP 2008275811

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
31.10.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**TAKAMURA, SEISHI;
MATSUMURA, MASAOKI y
YASHIMA, YOSHIYUKI**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 588 154 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

Método de generación automática de procedimientos de generación de valores de predicción de píxel, método de codificación de imágenes, método de descodificación de imágenes, dispositivos que usan estos métodos, programas para estos métodos y medio de grabación en el que estos programas están grabados

Campo técnico

La presente invención se refiere a un método de producción automática de procedimientos de generación de valores de píxel predichos para producir de manera automática un procedimiento de generación de valores de píxel predichos usado para implementar una predicción de valores de píxel muy precisa, y un aparato correspondiente; un método de codificación de imágenes para codificar de manera eficaz una imagen usando el procedimiento de generación de valores de píxel predichos generado por el método anterior, y un aparato correspondiente; un método de descodificación de imágenes para descodificar de manera eficaz datos codificados generados mediante la codificación de imágenes pertinente y un aparato correspondiente; programas usados para implementar los métodos descritos anteriormente; y medios de almacenamiento legibles por ordenador que almacenan los programas.

Se reivindica la prioridad de la solicitud de patente japonesa n.º 2008-275811, presentada el 27 de octubre de 2008.

Técnica anterior

En los principales flujos de la codificación de imágenes, cada valor de píxel de un objetivo de codificación se predice usando píxeles anteriores o superiores descodificados anteriormente, y se codifica un residuo de predicción.

En tal método de codificación de predicción, cuando se codifica un píxel objetivo (denominado "p"), se genera un valor predicho para p en base a que los píxeles periféricos descodificados anteriormente (por ejemplo, l_{nw} , l_n , l_{ne} e l_w en la figura 14) tienen una correlación, generalmente muy estrecha, con p, usándose de hecho tales píxeles periféricos. En lo sucesivo, un valor predicho de p se denominará p'. En una etapa subsiguiente, un error de predicción p-p' se somete a una codificación por entropía.

Por ejemplo, el modo sin pérdidas de JPEG (véase el documento no patente 1) tiene siete tipos de pronosticadores, donde un pronosticador seleccionado de los mismos se usa para predecir y codificar un valor de píxel.

En un ejemplo denominado "predicción por promedio" como uno de los métodos de los pronosticadores de JPEG, la predicción se lleva a cabo calculando un promedio entre l_n e l_w de la siguiente manera:

$$x' = (l_n + l_w) / 2 \qquad \text{Fórmula (1)}$$

Hay otros seis métodos de predicción (además del anterior) que incluyen:

$$x' = l_n + l_w - l_{nw} \qquad \text{Predicción plana} \qquad \text{Fórmula (2)}$$

$$x' = l_n \qquad \text{Predicción por valor anterior} \qquad \text{Fórmula (3)}$$

$$x' = l_{nw} + (l_n - l_w) / 2 \qquad \text{Predicción compleja} \qquad \text{Fórmula (4)}$$

JPEG-LS, que tiene un mayor nivel de eficacia que JPEG (véase el documento no patente 2), utiliza un método de predicción algo complicado denominado "predicción MED", mostrado a continuación.

Si $l_{nw} \geq \max(l_w, l_n)$ Entonces

$$x' = \min(l_w, l_n)$$

SiNo Si $l_{nw} \leq \min(l_w, l_n)$ Entonces

$$x' = \max(l_w, l_n)$$

SiNo

$$x' = l_w + l_n - l_{nw}$$

donde $\max(x, y)$ es una función que devuelve el mayor de entre x e y, y $\min(x, y)$ es una función que devuelve el menor de entre x e y.

Además, se conoce ampliamente un método que define un promedio ponderado entre píxeles periféricos como un valor predicho. En un método simplificado, el peso de cada píxel periférico puede calcularse por medio de un método de mínimos cuadrados para cada imagen, o puede llevarse a cabo una optimización de coeficientes para minimizar la cantidad pertinente de código (véase el documento no patente 3).

Además, aunque no pertenece a la codificación por predicción, el documento no patente 4 da a conocer una

optimización de parámetros de codificación para la codificación de imágenes o vídeo, que utiliza un algoritmo genético (GA), donde una "plantilla" para generar un contexto que se usa para codificar una imagen binaria se modifica usando un algoritmo genético, mejorándose así la eficacia. Es decir, la plantilla se trata como un parámetro y se usa un procedimiento de codificación fija.

5 Como método similar relacionado con la direccionalidad, el documento no patente 5 da a conocer el uso de un algoritmo genético para modificar de manera dinámica una forma dividida de un área unitaria que va a codificarse, mejorándose de este modo la eficacia pertinente. De manera similar a la plantilla del documento no patente 4, el procedimiento de codificación también es fijo en este caso.

10 El documento no patente 6 da a conocer un hardware evolutivo que sintetiza circuitos de hardware con funciones de mayor nivel. La evolución a nivel de función puede sintetizar de manera genética las funciones de predicción que se usarán en la codificación predictiva de una imagen.

15 **Documentos de la técnica anterior**

Documentos no patente

20 Documento no patente 1: ISO/IEC SC29/WG1, ISO/IEC 10918-1 "*Digital compression and coding of continuous-tone still images*", página 133, 1993

Documento no patente 2: M. Weinberger, G. Seroussi y G. Sapiro, "*The LOCO-I Lossless Image Compression Algorithm: Principles and Standardization into JPEG-LS*", IEEE Trans. Image Processing, vol. 9, n.º 8, páginas 1309 a 1324, agosto de 2000

25 Documento no patente 3: Ichiro Matsuda, Nau Ozaki, Yuji Umezu y Susumu Itoh, "*Lossless Coding Using Variable Block-Size Adaptive Prediction Optimized for Each Image*", actas de la décimo tercera conferencia europea sobre el procesamiento de señales (EUSIPCO 2005), WedAmPO3, septiembre de 2005

30 Documento no patente 4: Masaharu Tanaka, Hidenori Sakanashi, Masanobu Mizoguchi y Tetsuya Higuchi, "*Bi-level Image Coding for Digital Printing Using Genetic Algorithm*", actas de IEICE, D-II, vol. J83-D-II, n.º 5, páginas 1274 a 1283, mayo de 2000

35 Documento no patente 5: Koh'ichi Takagi, Atsushi Koike, Shuichi Matsumoto y Hideo Yamamoto, "*Moving Picture Coding Based on Region Segmentation Using Genetic Algorithm*", actas de IEICE, D-II, vol. J83-D-II, n.º 6, páginas 1437 a 1445, junio de 2000

40 Documento no patente 6: Higushi et al.: "*Evolvable hardware at function level*", actas de la conferencia internacional IEEE sobre computación evolutiva celebrada en EE.UU. del 13 al 16 de abril de 1997, páginas 187 a 192, ISBN 978-0-7803-3949-1

Divulgación de la invención

Problema a resolver mediante la invención

45 Como se ha descrito anteriormente, los métodos de predicción convencionales solo ofrecen flexibilidad a la hora de optimizar parámetros numéricos tales como pesos para cada imagen, y el "procedimiento de predicción" para determinar un píxel usado en el cálculo de predicciones o una fórmula usada para la ramificación de las condiciones son fijos.

50 Es decir, de manera convencional, un nuevo procedimiento de predicción solo puede generarse manualmente a través de un método de prueba y error llevado a cabo por una persona. Por lo tanto, la estructura del pronosticador correspondiente no puede tener un nivel de complejidad que supere una complejidad que puedan entender las personas.

55 Además, no existe un método convencional que genere un procedimiento de predicción dedicado para cada imagen de entrada.

60 Además, en el procesamiento de imágenes, una imagen objetivo que va a procesarse (es decir, información o recurso maestros) debe generarse manualmente y proporcionarse por una persona.

65 En vista de las circunstancias anteriores, un objeto de la presente invención es proporcionar una técnica novedosa que permita una codificación y una descodificación muy eficaces, implementando una producción automática mediante ordenador de un procedimiento de predicción que se aplica de manera apropiada a una imagen de entrada y que puede reducir además la cantidad pertinente de código. En este caso, de manera similar a los métodos de predicción convencionales, la presente invención también usa píxeles periféricos descodificados previamente para

generar un valor predicho.

Medios para resolver el problema

5 <1> Estructura de un aparato de producción automática de procedimientos de generación de valores de píxel predichos de la presente invención

En primer lugar se explicará la estructura de un aparato de producción automática de procedimientos de generación de valores de píxel predichos según la presente invención.

10 Un aparato de producción automática de procedimientos de generación de valores de píxel predichos según la presente invención implementa la producción automática de un procedimiento de generación de valores predichos para predecir un valor de un píxel objetivo de codificación usando un píxel descodificado previamente. El aparato tiene una estructura que incluye:

15 (1) un primer dispositivo que genera una población de padres mediante la producción aleatoria de procedimientos de generación de valores predichos, cada uno de los cuales se indica mediante una estructura de árbol;

20 (2) un segundo dispositivo que selecciona como padres, a partir de la población de padres, una pluralidad de procedimientos de generación de valores predichos, y que produce como hijos uno o más procedimientos de generación de valores predichos basándose en un método de desarrollo (o evolución) de estructura de árbol predeterminada que somete los procedimientos de generación de valores predichos seleccionados a un desarrollo (o evolución), donde una función de generación de valores predichos existente puede ser un nodo final de un árbol;

25 (3) un tercer dispositivo que:

selecciona, de entre los procedimientos de generación de valores predichos como padres e hijos, un procedimiento de generación de valores predichos que presenta un coste de estimación mínimo, donde la suma de un contenido de información que representa la estructura de árbol y de una cantidad de código evaluado por un valor de píxel predicho obtenido por la estructura de árbol se usa como un coste de estimación, y el procedimiento de generación de valores predichos seleccionado tiene el mejor coste de estimación para codificar una imagen objetivo de codificación; y

30 almacena el procedimiento de generación de valores predichos seleccionado y uno o más procedimientos diferentes de generación de valores predichos en la población de padres; y

35 (4) un cuarto dispositivo que controla la iteración de procesos llevados a cabo por el segundo y el tercer dispositivo hasta que se satisfaga una condición predeterminada, y que produce un procedimiento de generación de valores predichos que tiene el mejor coste de estimación ya que el resultado de la iteración es un procedimiento de generación de valores predichos final.

40 En la estructura anterior, el segundo dispositivo puede producir como hijos los procedimientos de generación de valores predichos basándose en el método de desarrollo de estructura de árbol predeterminada que lleva a cabo el desarrollo, donde una función que proporciona coordenadas de un píxel de una imagen puede ser un nodo final de un árbol.

Además, el primer dispositivo puede generar la población de padres para que una función de generación de valores predichos existente se incluya en la población de padres.

50 Un método de producción automática de procedimientos de generación de valores de píxel predichos de la presente invención realizado mediante las operaciones de los dispositivos de procesamiento descritos anteriormente también puede implementarse mediante un programa informático. El programa informático se almacena en un medio de grabación legible por ordenador apropiado o se suministra a través de una red y, cuando se implementa la invención, el programa se instala y se hace funcionar en un dispositivo de control, tal como una CPU, llevándose así a cabo la invención.

55 En el aparato de producción automática de procedimientos de generación de valores de píxel predichos que presenta la estructura descrita anteriormente, cuando una población de padres se genera produciéndose de manera aleatoria procedimientos de generación de valores predichos, cada uno de los cuales se indica mediante una estructura de árbol, una pluralidad de procedimientos de generación de valores predichos se selecciona como padres a partir de la población de padres. Después, uno o más procedimientos de generación de valores predichos se producen como hijos en función de un método de desarrollo de estructura de árbol predeterminada que somete los procedimientos de generación de valores predichos seleccionados a un desarrollo. Después se selecciona un procedimiento de generación de valores predichos que tiene un coste de estimación mínimo, donde la suma de un contenido de información (que puede obtenerse mediante el algoritmo 1 descrito posteriormente) que representa la estructura de árbol y de una cantidad de código evaluado por un valor de píxel predicho (que puede obtenerse

mediante el algoritmo 2 descrito posteriormente) obtenido por la estructura de árbol se usa como un coste de estimación, y el procedimiento de generación de valores predichos seleccionado tiene el mejor coste de estimación para codificar una imagen objetivo de codificación. El procedimiento de generación de valores predichos seleccionado y algún otro procedimiento de generación de valores predichos se almacenan en la población de
 5 padres. Un nuevo procedimiento de generación de valores de píxel predichos se produce automáticamente mediante la iteración de los procesos anteriores.

Por consiguiente, el aparato de producción automática de procedimientos de generación de valores de píxel predichos de la presente invención implementa una predicción de valores de píxel muy precisa mediante la
 10 producción automática de un procedimiento de generación de valores de píxel predichos en función de un método de desarrollo de estructura de árbol, tal como la programación genética. Puesto que la suma de un contenido de información que representa la estructura de árbol y de una cantidad de código evaluado mediante un valor de píxel predicho obtenido por la estructura de árbol se usa como un coste de estimación, es posible producir de manera automática un procedimiento de generación de valores de píxel predichos para implementar una codificación de
 15 imágenes muy eficaz, evitándose al mismo tiempo el agrandamiento de un árbol.

Además, puesto que el método de desarrollo de estructura de árbol se ejecuta con la condición de que una función de generación de valores predichos existente pueda ser un nodo final de un árbol, es posible obtener un nivel de
 20 eficacia de predicción igual a la del método convencional.

Con el fin de obtener de manera más fiable este efecto, cuando se genera una población de padres, la población de padres puede generarse de modo que una función de generación de valores predichos existente se incluya en la
 población de padres.

Además, el método de desarrollo de estructura de árbol puede ejecutarse con la condición de que una función que proporciona coordenadas de un píxel de una imagen pueda ser un nodo final de un árbol. Por consiguiente, una
 25 conmutación local del procedimiento de generación de valores de píxel predichos puede ser posible usando las coordenadas x e y según la estructura interna de una imagen pertinente.

<2> Estructura de un aparato de codificación de imágenes y de un aparato de descodificación de imágenes de la
 30 presente invención (primer tipo)

Cuando se implementa una función que transmite al lado de descodificación un procedimiento de generación de valores de píxel predichos producido automáticamente, el aparato de codificación de imágenes y el aparato de
 35 descodificación de imágenes según la presente invención tienen las siguientes estructuras.

<2-1> Estructura de un aparato de codificación de imágenes de la presente invención

Cuando se implementa una función que transmite al lado de descodificación un procedimiento de generación de valores de píxel predichos, un aparato de codificación de imágenes según la presente invención tiene una estructura
 40 que incluye:

(1) un primer dispositivo que produce un procedimiento de generación de valores predichos que tiene el mejor coste de estimación para codificar una imagen objetivo de codificación, por medio de una operación ejecutada mediante
 45 un aparato de producción automática de procedimientos de generación de valores de píxel predichos según la presente invención;

(2) un segundo dispositivo que codifica el procedimiento de generación de valores predichos producido por el primer
 50 dispositivo (usando, por ejemplo, el algoritmo 3 descrito posteriormente);

(3) un tercer dispositivo que genera un valor predicho de cada píxel incluido en la imagen objetivo de codificación en
 55 función del procedimiento de generación de valores predichos producido por el primer dispositivo (es decir, usando, por ejemplo, el algoritmo 2 descrito posteriormente); y

(4) un cuarto dispositivo que codifica una señal residual de predicción basándose en el valor de píxel predicho
 generado mediante el tercer dispositivo.

Un método de codificación de imágenes de la presente invención realizado mediante las operaciones de los
 60 dispositivos de procesamiento descritos anteriormente también puede implementarse mediante un programa informático. El programa informático se almacena en un medio de grabación legible por ordenador apropiado o se suministra a través de una red y, cuando se implementa la invención, el programa se instala y se hace funcionar en un dispositivo de control, tal como una CPU, llevándose así a cabo la invención.

Según la estructura anterior, el aparato de codificación de imágenes de la presente invención implementa una
 65 predicción de valores de píxel muy precisa en función de la producción del aparato de producción automática de procedimientos de generación de valores de píxel predichos de la presente invención, y codifica imágenes usando

un procedimiento de generación de valores de píxel predichos para implementar una codificación de imágenes muy eficaz. Por lo tanto, es posible implementar tal codificación de imágenes altamente eficaz.

<2-2> Estructura de un aparato de descodificación de imágenes de la presente invención

5 Con el fin de descodificar los datos codificados generados por el aparato de codificación de imágenes de la presente invención descrito en el apartado <2-1> anterior, un aparato de descodificación de imágenes según la presente invención tiene una estructura que incluye:

10 (1) un primer dispositivo que descodifica datos codificados para un procedimiento de generación de valores predichos producido mediante una operación ejecutada por un aparato de producción automática de procedimientos de generación de valores de píxel predichos según la presente invención (usando, por ejemplo, el algoritmo 4 descrito posteriormente), donde los datos codificados se generaron en un lado de codificación;

15 (2) un segundo dispositivo que genera un valor predicho de cada píxel incluido en una imagen objetivo de descodificación en función del procedimiento de generación de valores predichos descodificado por el primer dispositivo (es decir, usando, por ejemplo, el algoritmo 2 descrito posteriormente); y

20 (3) un tercer dispositivo que descodifica datos codificados para una señal residual de predicción calculada usando el valor de píxel predicho que se generó en función del procedimiento de generación de valores predichos descodificado por el primer dispositivo, donde los datos codificados se generaron en un lado de codificación; y

25 (4) un cuarto dispositivo que reproduce la imagen objetivo de descodificación basándose en el valor de píxel predicho generado por el segundo dispositivo y en la señal residual de predicción descodificada por el tercer dispositivo.

Un método de descodificación de imágenes de la presente invención realizado mediante las operaciones de los dispositivos de procesamiento descritos anteriormente también puede implementarse mediante un programa informático. El programa informático se almacena en un medio de grabación legible por ordenador apropiado o se suministra a través de una red y, cuando se implementa la invención, el programa se instala y se hace funcionar en un dispositivo de control, tal como una CPU, llevándose así a cabo la invención.

30 Según la estructura anterior, el aparato de descodificación de imágenes de la presente invención descodifica datos codificados generados por el aparato de codificación de imágenes de la presente invención descrito en el apartado <2-1> anterior.

<3> Estructura de un aparato de codificación de imágenes y de un aparato de descodificación de imágenes de la presente invención (segundo tipo)

40 Para cada imagen codificada en el lado de codificación, una imagen descodificada de la misma también se genera en el lado de descodificación, de manera que la misma imagen descodificada puede estar tanto en el lado de codificación como en el lado de descodificación. Por lo tanto, la transmisión de un procedimiento de generación de valores de píxel predichos desde el lado de codificación al lado de descodificación, que se necesita para implementar la presente invención, puede omitirse.

45 Para implementar tal omisión en la presente invención, el aparato de codificación de imágenes y el aparato de descodificación de imágenes según la presente invención tienen las siguientes estructuras.

<3-1> Estructura de un aparato de codificación de imágenes de la presente invención

50 Cuando se implementa una función que no transmite al lado de descodificación un procedimiento de generación de valores de píxel predichos, un aparato de codificación de imágenes según la presente invención tiene una estructura que incluye:

55 (1) un primer dispositivo que codifica una imagen objetivo de codificación parcial que tiene un tamaño predeterminado, usando un procedimiento de generación de valores de píxel predichos existente que no se ha producido en función de un método de desarrollo de estructura de árbol;

60 (2) un segundo dispositivo que produce un procedimiento de generación de valores predichos que tiene el mejor coste de estimación para codificar una imagen descodificada obtenida durante la codificación de la imagen objetivo de codificación parcial mediante el primer dispositivo, por medio de una operación ejecutada por un aparato de producción automática de procedimientos de generación de valores de píxel predichos según la presente invención, que estima como nulo un contenido de información que representa una estructura de árbol;

65 (3) un tercer dispositivo que genera un valor predicho de cada píxel incluido en la imagen objetivo de codificación parcial restante que no se codificó mediante el primer dispositivo, en función del procedimiento de generación de

valores predichos producido por el segundo dispositivo (es decir, usando, por ejemplo, el algoritmo 2 descrito posteriormente); y

5 (4) un cuarto dispositivo que codifica una señal residual de predicción calculada en función del valor de píxel predicho generado por el tercer dispositivo.

10 Un método de codificación de imágenes de la presente invención realizado mediante las operaciones de los dispositivos de procesamiento descritos anteriormente también puede implementarse mediante un programa informático. El programa informático se almacena en un medio de grabación legible por ordenador apropiado o se suministra a través de una red y, cuando se implementa la invención, el programa se instala y se hace funcionar en un dispositivo de control, tal como una CPU, llevándose así a cabo la invención.

15 Según la estructura anterior, el aparato de codificación de imágenes de la presente invención implementa una predicción de valores de píxel muy precisa en función de la producción del aparato de producción automática de procedimientos de generación de valores de píxel predichos de la presente invención, y codifica imágenes usando un procedimiento de generación de valores de píxel predichos para implementar una codificación de imágenes muy eficaz. Por lo tanto, es posible implementar tal codificación de imágenes altamente eficaz.

20 Además, el aparato de codificación de imágenes anterior de la presente invención codifica una imagen objetivo de codificación parcial que tiene un tamaño predeterminado usando un procedimiento de generación de valores de píxel predichos existente producido de manera independiente a un método de desarrollo de estructura de árbol, generándose así una imagen descodificada de la imagen objetivo de codificación parcial pertinente, donde la imagen descodificada puede estar tanto en el lado de codificación como en el lado de descodificación. La imagen descodificada se usa para producir un procedimiento de generación de valores de píxel predichos que también puede producirse en el lado de descodificación y que tiene el mejor coste de estimación. Por lo tanto, es posible omitir la transmisión del procedimiento de generación de valores de píxel predichos al lado de descodificación.

<3-2> Estructura de un aparato de descodificación de imágenes de la presente invención

30 Con el fin de descodificar los datos codificados generados por el aparato de codificación de imágenes de la presente invención descrito en el apartado <3-1> anterior, un aparato de descodificación de imágenes según la presente invención tiene una estructura que incluye:

35 (1) un primer dispositivo que descodifica datos codificados para una imagen objetivo de descodificación parcial que tiene un tamaño predeterminado y que se codificó usando un procedimiento de generación de valores de píxel predichos existente que no se ha producido en función de un método de desarrollo de estructura de árbol, donde los datos codificados se generaron en un lado de codificación;

40 (2) un segundo dispositivo que produce un procedimiento de generación de valores predichos que tiene el mejor coste de estimación para codificar la imagen objetivo de descodificación parcial obtenida mediante el primer dispositivo, por medio de una operación ejecutada por un aparato de producción automática de procedimientos de generación de valores de píxel predichos según la presente invención, que estima como nulo un contenido de información que representa una estructura de árbol;

45 (3) un tercer dispositivo que genera un valor predicho de cada píxel incluido en la imagen objetivo de descodificación parcial restante que no se descodificó mediante el primer dispositivo, en función del procedimiento de generación de valores predichos producido por el segundo dispositivo (es decir, usando, por ejemplo, el algoritmo 2 descrito posteriormente);

50 (4) un cuarto dispositivo que descodifica datos codificados para una señal residual de predicción calculada usando el valor de píxel predicho que se generó en función del procedimiento de generación de valores predichos descodificado por el segundo dispositivo, donde los datos codificados se generaron en un lado de codificación; y

55 (5) un quinto dispositivo que reproduce la imagen objetivo de descodificación parcial restante que no se descodificó por el primer dispositivo, basándose en el valor de píxel predicho generado por el tercer dispositivo y en la señal residual de predicción descodificada por el cuarto dispositivo.

60 Un método de descodificación de imágenes de la presente invención realizado mediante las operaciones de los dispositivos de procesamiento descritos anteriormente también puede implementarse mediante un programa informático. El programa informático se almacena en un medio de grabación legible por ordenador apropiado o se suministra a través de una red y, cuando se implementa la invención, el programa se instala y se hace funcionar en un dispositivo de control, tal como una CPU, llevándose así a cabo la invención.

65 Según la estructura anterior, el aparato de descodificación de imágenes de la presente invención descodifica datos codificados generados por el aparato de codificación de imágenes de la presente invención descrito en el apartado <3-1> anterior.

Además, el aparato de descodificación de imágenes anterior de la presente invención descodifica datos codificados de una imagen objetivo de descodificación parcial que tiene un tamaño predeterminado y que se codificó usando un procedimiento de generación de valores de píxel predichos existente producido de manera independiente a un método de desarrollo de estructura de árbol, generándose así una imagen descodificada de la imagen objetivo de descodificación parcial pertinente, donde la imagen descodificada puede estar tanto en el lado de codificación como en el lado de descodificación. La imagen descodificada se usa para producir un procedimiento de generación de valores de píxel predichos que también puede producirse en el lado de codificación y que tiene el mejor coste de estimación. Por lo tanto, es posible omitir la transmisión del procedimiento de generación de valores de píxel predichos desde el lado de codificación.

Efecto de la invención

Como se ha descrito anteriormente, según la presente invención, (i) un procedimiento de predicción de valores de píxel se modifica automáticamente usando un ordenador mientras se evalúa el contenido de información para el procedimiento de generación de valores de píxel predichos, o (ii) un cálculo de desarrollo también se lleva a cabo en el lado de descodificación usando píxeles que se codificaron previamente usando un método existente. Por lo tanto, es posible usar un pronosticador que puede reducir el contenido de información para el residuo y, por tanto, codificar una imagen con una menor cantidad de código.

Además, puesto que los candidatos a un nodo final (en la presente invención) también incluyen una función de predicción basada en los métodos convencionales, puede conseguirse un nivel de eficacia de predicción mayor o igual (como mínimo) al que puede obtenerse mediante los métodos convencionales. Además, los candidatos pueden incluir las coordenadas de cada píxel que va a codificarse, de manera que el procedimiento de predicción puede cambiar según la estructura interna de la imagen pertinente.

Además, puesto que la imagen de entrada puede no ser fija, se prevé que un procedimiento de procesamiento de imágenes evolutivo (véase el documento 4 de referencia descrito posteriormente) de Nagao et al., puede aplicarse, por lo general, a varias imágenes de entrada. Sin embargo, es imposible garantizar que el método pertinente pueda aplicarse preferiblemente a cada imagen de entrada no conocida. Por el contrario, las expectativas de la presente invención se centran solamente en codificar de manera eficaz la imagen de entrada actual, no siendo necesario tener en cuenta tal entrada no conocida. Por lo tanto, la presente invención tiene un alto nivel de practicidad.

Además, puesto que la suma del contenido de información para el residuo y del contenido de información para el árbol es solamente un parámetro que ha de minimizarse en la presente invención, no es necesario usar "información maestra", la cual deber ser prepararse por medios humanos en aplicaciones generales de procesamiento de imágenes.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama esquemático que muestra una representación de estructura de árbol para la predicción por promedio.

La figura 2 es un diagrama esquemático que explica una operación de cruzamiento.

La figura 3 es un diagrama esquemático que explica una operación de mutación.

La figura 4 es un diagrama esquemático que explica una operación de inversión.

La figura 5 es un diagrama que muestra la estructura de un aparato de producción de pronosticador desarrollado como una realización de la presente invención.

La figura 6 es un diagrama de flujo ejecutado mediante el aparato de producción de pronosticador desarrollado de la realización.

La figura 7 es un diagrama que muestra las estructuras de un aparato de codificación de imágenes y de un aparato de descodificación de imágenes como una realización de la presente invención.

La figura 8 es un diagrama de flujo ejecutado mediante el aparato de codificación de imágenes de la realización.

La figura 9 es un diagrama de flujo ejecutado mediante el aparato de descodificación de imágenes de la realización.

La figura 10 es un diagrama que muestra las estructuras de un aparato de codificación de imágenes y de un aparato de descodificación de imágenes como otra realización de la presente invención.

La figura 11 es un diagrama de flujo ejecutado mediante el aparato de codificación de imágenes de la realización.

La figura 12 es un diagrama de flujo ejecutado mediante el aparato de descodificación de imágenes de la realización.

5 La figura 13 es un diagrama que explica un experimento llevado a cabo para verificar la eficacia de la presente invención.

La figura 14 es un diagrama que muestra los píxeles descodificados previamente que rodean a un píxel objetivo.

10 **Modo de llevar a cabo la invención**

La presente invención usa programación genérica (GP) para implementar la producción automática mediante ordenador de un procedimiento de predicción que se aplica de manera apropiada a una imagen estática o de vídeo de entrada (denominada simplemente en lo sucesivo "imagen") y que puede reducir además la cantidad pertinente de código.

A continuación se describirá el concepto básico de la presente invención.

20 <1> Representación de estructura de árbol del procedimiento de predicción

Por ejemplo, la predicción por promedio indicada mediante la Fórmula (1) descrita anteriormente puede representarse usando una estructura de árbol como la mostrada en la figura 1. Por comodidad, una "expresión simbólica" puede usarse como un formato de descripción igual a tal representación de estructura de árbol.

25 En la programación genética explicada posteriormente, la expresión simbólica se usa de manera personalizada para representar una estructura de árbol.

Por ejemplo, en la expresión simbólica, la función max (x, y) descrita anteriormente se describe como (max x y), y la predicción MED descrita anteriormente se describe de la siguiente manera: (T (restar (lnw (max (lw) (ln))) (min (lw) (ln)) (T (restar (min (lw) (ln)) (lnw)) (max (lw) (ln)) (sumar (lw) (restar (ln) (lnw)))))), donde cada línea introducida no tiene un significado específico.

La función anterior T tiene tres argumentos y la siguiente ramificación de condiciones:

$$\begin{aligned} (T A B C) &= B && \text{si } A \geq 0 \\ &= C && \text{si } A < 0 \end{aligned} \qquad \text{Fórmula (5)}$$

35 donde T es la primera letra de "terna".

Como se ha descrito anteriormente, cualquier algoritmo puede representarse como un "árbol" y, por tanto, un algoritmo de predicción de valores de píxel puede representarse de manera similar como un árbol.

40 En lugar de la "T" anterior, la función pertinente puede usar suma, resta, multiplicación, división, funciones trigonométricas, elevación al cuadrado, raíz cuadrada, exponenciación, logaritmos, valor absoluto, valor mínimo, valor máximo, o similares.

45 Puesto que una función de este tipo usa argumentos, aparece en una posición que no es el final del árbol pertinente y, por tanto, se denomina normalmente "nodo no final". La función puede prepararse de antemano o puede definirse de manera dinámica (véase el documento de referencia 1).

50 Documento de referencia 1: J. Koza, "*Genetic Programming II, Automatic Discovery of Reusable Programs*", The MIT Press, página 41, 1998.

Además, un valor numérico tal como 0,148 o un valor de píxel periférico tal como lw, ln, lne o lnw (véase la figura 14) puede funcionar como un nodo final que tiene un valor y está asignado a un extremo de un árbol.

55 <2> Características de los nodos finales en la presente invención

En la presente invención, los candidatos a nodos finales incluyen una función que proporciona un valor predicho usando un método de codificación existente.

60 Puesto que cualquier función necesita argumentos, la función anterior no se asigna originalmente a ningún nodo final. Sin embargo, la función que proporciona un valor predicho usando un método de codificación existente es una función basada en el método de codificación existente y, por tanto, los tipos de los argumentos para la función están predeterminados. Por lo tanto, la función también puede asignarse a un nodo final.

De manera similar al valor de píxel periférico descrito anteriormente, el valor predicho proporcionado por la función "que proporciona un valor predicho usando un método de codificación existente" se determina de manera individual para cada píxel (objetivo) que va a codificarse.

5 El valor predicho proporcionado por la función pertinente puede ser un valor predicho de mínimos cuadrados, un valor predicho plano, un valor predicho para CALIC (véase el siguiente documento de referencia 2), un valor predicho para JPEG-LS o similar.

10 Documento de referencia 2: X. Wu y N. Memon: "*Context-Based, Adaptive, Lossless Image Coding*", IEEE Transactions on Communications, vol. 45, n.º 4, páginas 437 a 444, abril de 1997

15 Como se ha descrito anteriormente, cuando los candidatos a nodos finales incluyen una función que proporciona un valor predicho usando un método de codificación existente, es posible obtener un nivel de eficacia de predicción igual al del método convencional, casi sin información suplementaria.

20 Es decir, en la presente invención, como se explicará posteriormente, el procedimiento de predicción (es decir, la estructura de árbol) para la predicción de valores de píxel se desarrolla (o evoluciona) usando una programación genética para producir automáticamente un pronosticador (es decir, un procedimiento de predicción) que tiene una mayor eficacia de predicción, donde los candidatos a nodos finales incluyen una función que proporciona un valor predicho usando un método de codificación existente. Por consiguiente, un pronosticador convencional también puede ser un objetivo para el desarrollo pertinente.

25 Por lo tanto, si un pronosticador convencional puede proporcionar un mayor nivel de eficacia de predicción que otro pronosticador producido automáticamente, tal pronosticador convencional se produce finalmente de manera automática mediante la programación genética, obteniéndose así una eficacia de predicción igual a la del método convencional, casi sin información suplementaria.

30 Si una combinación entre un pronosticador desarrollado (o evolucionado) que usa la programación genética y un pronosticador convencional puede implementar una predicción más eficiente, se utiliza para la codificación.

Además, en la presente invención, los candidatos a nodos finales también incluyen una función que proporciona coordenadas de un nodo (objetivo) que va a codificarse.

35 Las coordenadas proporcionadas por una función de este tipo pueden tener valores normalizados tales como "x = -1" para cada píxel de extremo izquierdo; "x = 1" para cada píxel de extremo derecho, "y = -1" para cada píxel de extremo superior; "y = 1" para cada píxel de extremo inferior de una imagen, o valores de coordenada reales.

40 La función que proporciona coordenadas de un nodo objetivo puede proporcionar de manera aleatoria las coordenadas en el plano de imagen, sin usar argumentos. Por lo tanto, la función también puede asignarse a un nodo final.

45 Como se ha descrito anteriormente, cuando los candidatos a nodos finales incluyen además una función que proporciona coordenadas (dentro del plano de imagen) de un nodo objetivo que va a codificarse, la conmutación local para el procesamiento es posible usando las coordenadas x e y, según la estructura interna de la imagen pertinente.

50 Por ejemplo, es posible producir un pronosticador que lleve a cabo una conmutación de procesamiento según el valor de 'y' de tal manera que las cinco sextas partes superiores de una imagen se aplican a un pronosticador que utiliza un procedimiento de predicción, y la sexta parte inferior restante se aplica a un pronosticador que utiliza otro procedimiento de predicción.

55 <3> Valor estimado para el procedimiento de predicción, contenido de información (cantidad de información) de árbol, y procedimiento de cálculo del valor predicho

<3-1> Valor estimado para el procedimiento de predicción

60 Cuando se desarrolla (o evoluciona) el procedimiento de predicción explicado posteriormente, se necesita una escala estimada.

En la presente invención, la suma (X + Y) de lo siguiente se usa como valores estimados (denominados "bondad de ajuste" en programación genética) para cada individuo que representa un procedimiento de predicción:

65 (i) contenido de información X (cantidad de información) que representa una estructura de árbol; y

(ii) contenido de información Y de un residuo de predicción obtenido mediante una predicción de valores de píxel

real que usa un procedimiento de predicción basado en la estructura de árbol anterior.

5 En la presente invención, el valor estimado para un individuo (un árbol se denota como "individuo" en la programación genética) no solo se determina en función del contenido de información Y del residuo de predicción, sino también teniendo en cuenta el contenido de información X del árbol. Un motivo de esto es que es necesario transmitir el procedimiento de predicción al lado de descodificación.

10 Otra razón es que cuando el valor estimado se determina teniendo en cuenta el contenido de información X del árbol, es posible impedir un problema de "expansión" (agrandamiento de un árbol) en la programación genética.

<3-2> Contenido de información X que representa una estructura de árbol

15 El contenido de información X que representa una estructura de árbol es la suma de los contenidos de información de todos los nodos incluidos en el árbol.

El contenido de información que representa una estructura de árbol puede calcularse mediante la siguiente función recursiva. En este caso, se supone que el valor numérico asociado a cada nodo de la alineación de árbol se representa, por ejemplo, mediante un entero de coma fija de 10 bits.

20 Algoritmo 1

Función info_árbol(t)

Inicio

 Si t es un valor numérico Entonces
 Devolver FUNCINFO + 10

 SiNo Inicio

 s: = FUNCINFO // Función parte

 ParaCada (casi todos los nodos inferiores c conectados a t) Inicio

 s: = s + info_árbol(c)

 Fin

 Devolver s

 Fin

Fin

En este caso, se supone que los números de 0 a N-1 está asignados a funciones individuales.

25 FUNCINFO es el valor siguiente que indica la cantidad de código generado cuando una función se somete a una codificación de longitud fija:

$$\text{FUNCINFO} = \log_2 (N+1)$$

Fórmula (6)

donde (N+1) se utiliza para tener en cuenta además un valor numérico (por ejemplo, 2 o 1/4) en lugar de funciones.

30 Aunque antes se ha supuesto una codificación de longitud fija, puede llevarse a cabo una codificación de longitud variable o una codificación aritmética teniendo en cuenta la frecuencia de aparición de cada función.

35 Después, tomando la "raíz" como el nodo más alto en un procedimiento de predicción objetivo (árbol), el contenido de información X del árbol puede calcularse de la siguiente manera:

$$X = \text{info_árbol}(\text{raíz})$$

Fórmula (7)

<3-3> Método de cálculo del valor predicho

40 El método para calcular un valor predicho basado en el procedimiento de predicción representado mediante el árbol pertinente puede usar una función recursiva como la mostrada a continuación.

Algoritmo 2

Función eval_árbol(t)

Inicio

 Si t es un valor numérico Entonces //valor inmediato
 Devolver el valor numérico

 SiNo Si t no tiene argumentos Entonces // p. ej.: ln

 Devolver valor de función de t

 SiNo Si t tiene un argumento Entonces // p. ej.: raíz_cuadrada(A)

```

    Devolver función de t (eval_árbol (primer nodo inferior de t))
SiNo Si t tiene dos argumentos Entonces // p. ej.: sumar (A, B)
    Devolver función de t (eval_árbol (primer nodo inferior de t), eval_árbol (segundo nodo inferior de t))
SiNo Si t tiene tres argumentos Entonces // p. ej.: operador ternario T
    Devolver función de t (eval_árbol (primer nodo inferior de t), eval_árbol (segundo nodo inferior de t), eval_árbol (tercer nodo
    inferior de t))
    Fin
Fin

```

Fin

Aunque el algoritmo anterior supone de manera restrictiva que el número de argumentos es de tres o menos, pueden llevarse a cabo procesos similares incluso si el límite superior de los argumentos está fijado a 4, 5,...

- 5 Después, tomando la "raíz" como el nodo más alto en un procedimiento de predicción objetivo (árbol), un valor predicho p' del píxel objetivo actual puede calcularse usando:

$$x' = \text{eval_árbol}(\text{raíz}) \quad \text{Fórmula (8)}$$

El contenido de información Y del residuo de predicción puede calcularse mediante la siguiente fórmula.

10

[Fórmula 1]

$$Y = - \sum_{h_d \neq 0} h_d \log_2 \frac{h_d}{W \times H} \quad \dots \text{Fórmula (1)}$$

- 15 En la fórmula anterior, h_d indica el número de apariciones (para el histograma) del error de predicción $d (= x - x')$ en toda la imagen, y W y H indican, respectivamente, los números de píxeles en el sentido horizontal y en el sentido vertical.

Asimismo, cuando se ejecuta en CALIC, el contenido de información puede reducirse usando un método denominado "aislamiento de contexto", "realimentación de error" o "inversión de error".

20

<4> Codificación y decodificación del procedimiento de predicción

<4> Codificación del procedimiento de predicción

- 25 La codificación de un procedimiento de predicción también puede ejecutarse usando el siguiente procedimiento recursivo, similar a la evaluación del contenido de información.

Algoritmo 3

Procedimiento codificar_árbol (t)

Inicio

Si t es un valor numérico Entonces

Inicio

codificar N (valor numérico) usando FUNCINFO bits

codificar valor numérico (coma fija) usando una forma de 10 bits

Fin

SiNo

Inicio

codificar función número (0, ..., N-1) de t usando FUNCINFO bits

ParaCada (casi todos los nodos inferiores c conectados a t) Inicio

codificar_árbol (c)

Fin

Fin

Fin

Fin

30

Después, dado que la "raíz" es el nodo más alto en un procedimiento de predicción objetivo (árbol), puede ejecutarse "codificar_árbol(raíz)", codificándose así el árbol pertinente, donde el límite inferior de la cantidad requerida de código coincide con "info_árbol(raíz)".

35

<4-2> Descodificación del procedimiento de predicción

La descodificación del procedimiento de predicción codificado por el algoritmo 3 también puede ejecutarse usando un procedimiento recursivo similar mostrado a continuación.

Algoritmo 4

```

5  función descodificar_árbol()
    Inicio
        generar árbol vacío T
        descodificar FUNCINFO bits para descodificar función número n
        Si n = N Entonces // valor numérico
            Inicio
                descodificar 10 bits para descodificar valor x de 10 bits en coma fija
                T:=x
            Fin
        SiNo
            Inicio
                calcular función F correspondiente a función número n
                T:=F
                Para i=1 hasta "número de argumentos requerido por F" Inicio
                    i-ésimo nodo inferior de T:= descodificar_árbol()
                Fin
            Fin
        Fin
    Devolver T
Fin
    
```

El número anterior de argumentos requerido por F es el número de valores (conocido tanto por el lado de codificación como por el lado de descodificación) usado para proporcionar un valor a partir de la función pertinente. Si F = sumar, el número pertinente es 2, y si F = T, el número pertinente es 3.

10 En este caso, F tiene como argumentos propios los nodos inferiores correspondientes al número pertinente.

Después, cuando se ejecuta descodificar_árbol(), el árbol se descodifica mediante el flujo de bits pertinente y después se devuelve.

15 <5> Desarrollo automático de un procedimiento de predicción usando programación genética

En la presente invención, el pronosticador se desarrolla mediante el siguiente procedimiento ampliamente conocido (que incluye selección de réplicas, generación de hijos y selección de supervivientes) para la programación genética.

20 En la programación genética, cada árbol se denomina "individuo". La siguiente explicación está basada en esto.

25 1. En primer lugar, se genera de antemano una población usando números aleatorios o un algoritmo de predicción existente (por ejemplo, la predicción plana o MED descritas anteriormente).

2. A partir de la población, se selecciona (selección de réplicas) un conjunto de padres (población de padres).

30 3. Un conjunto de individuos hijo se genera a partir de la población de padres (generación de hijos) y se estima (la escala de estimación se explicó anteriormente).

4. En función de los resultados de la estimación se seleccionan supervivientes del conjunto de individuos hijo (selección de supervivientes).

35 En el procedimiento anterior, cada "hijo" se genera llevando a cabo los siguientes procesos entre individuos seleccionados como padres:

(i) cruzamiento como el mostrado en la figura 2, para seleccionar de manera aleatoria puntos de cruce en los padres 1 y 2, y para llevar a cabo un cruzamiento entre árboles parciales según los puntos de cruce;

40 (ii) mutación como la mostrada en la figura 3, para seleccionar de manera aleatoria un punto de mutación y sustituir un árbol parcial por un árbol de mutación según el punto de mutación; o

(iii) inversión como la mostrada en la figura 4, para llevar a cabo un intercambio entre árboles hermanos.

45 La selección de réplicas y la selección de supervivientes se denominan conjuntamente "modelo de alternancia de generación", donde puede aplicarse un método MGG (espacio de generación mínimo) ampliamente conocido y

propuesto en el siguiente documento de referencia 3.

Documento de referencia 3: Hiroshi Sato, Isao Ono y Shigenobu Kobayashi, "A New Generation Alternation Model for Genetic Algorithms and Its Assessment", Journal of Japanese Society for Artificial Intelligence, vol. 12, n.º 5, páginas 734 a 744, 1996

El siguiente documento de referencia 4 da a conocer un método representativo para desarrollar un procedimiento operativo usando programación genética, donde el método se refiere a un procedimiento de procesamiento de imágenes.

Documento de referencia 4: Wataru Fujishima y Tomoharu Nagao, "PT-ACTIT; Parameter Tunable-Automatic Construction of Tree-structural Image Transformation", Journal of Institute of Image Information and Television Engineers, vol. 59, n.º 11, páginas 1687 a 1693, 2005

Sin embargo, no se ha propuesto ningún método para desarrollar un procedimiento de codificación de "imágenes" (como el propuesto por la presente invención). Los métodos descritos anteriormente dados a conocer por el documento no patente 4 o 5 no son sino una optimización de un parámetro de codificación.

A continuación se describirá en detalle la presente invención usando realizaciones.

La figura 5 muestra la estructura de un aparato de producción de pronosticador desarrollado 1 como una realización de la presente invención.

El aparato de producción de pronosticador desarrollado 1 de la presente realización implementa la producción automática de un pronosticador que usa programación genética (en la que cada árbol se denomina individuo) para generar un valor de píxel predicho. En lo sucesivo, un pronosticador producido en la presente realización se denomina pronosticador desarrollado.

Con el fin de implementar la producción automática, como se muestra en la figura 5, el aparato incluye una unidad de generación de población de padres 10, una unidad de almacenamiento de población de padres 11, una unidad de selección y duplicación de individuos padre 12, una unidad de generación de individuos hijo 13, una unidad de almacenamiento de información de mutación 14, una unidad de cálculo de valores estimados 15, una unidad de determinación de individuos supervivientes 16, una unidad de determinación de convergencia 17 y una unidad de determinación de pronosticador desarrollado 18.

La unidad de generación de población de padres 10 genera una población de padres generando de manera aleatoria individuos para un pronosticador como un origen para un pronosticador desarrollado, y almacena la población de padres en la unidad de almacenamiento de población de padres 11. En este proceso, una función de generación de valores predichos existente (como un individuo) está contenida en la población de padres generada y almacenada.

La unidad de generación de población de padres 10 también solicita a la unidad de cálculo de valores estimados 15 que calcule un valor estimado para cada individuo almacenado en la unidad de almacenamiento de población de padres 11, y recibe el valor estimado devuelto por la unidad de cálculo de valores estimados 15 como respuesta a la solicitud pertinente. La unidad de generación de población de padres 10 almacena cada valor estimado en la unidad de almacenamiento de población de padres 11, en asociación con el individuo correspondiente (también almacenado).

La unidad de selección y duplicación de individuos padre 12 selecciona y duplica una pluralidad de individuos almacenados en la unidad de almacenamiento de población de padres 11, generándose así una pluralidad de individuos padre.

La unidad de selección y duplicación de individuos padre 12 también borra de la unidad de almacenamiento de población de padres 11 individuos que son el origen de los individuos padre generados.

En función de la programación genética, la unidad de generación de individuos hijo 13 genera individuos hijo sometiendo los individuos padre generados por la unidad de selección y duplicación de individuos padre 12 a un cruzamiento como el mostrado en la figura 2, a una mutación como la mostrada en la figura 3 usando información de mutación almacenada en la unidad de almacenamiento de información de mutación 14, a una inversión como la mostrada en la figura 4 o a procesos similares.

La unidad de generación de individuos hijo 13 también calcula un valor estimado para cada individuo hijo generado solicitando a la unidad de cálculo de valores estimados 15 que calcule el valor estimado, y recibe el valor estimado devuelto por la unidad de cálculo de valores estimados 15 como respuesta a la solicitud pertinente.

La unidad de almacenamiento de información de mutación 14 almacena información de mutación (es decir, un árbol mutado) usada cuando la unidad de generación de individuos hijo 13 somete a un individuo padre a una mutación, y

la información de mutación incluye una función (tal como un individuo) que proporciona coordenadas pertinentes en una imagen y una función de generación de valores predichos existente (tal como un individuo también).

5 Cuando la unidad de cálculo de valores estimados 15 recibe una solicitud para calcular un valor estimado para un individuo designado, calcula una suma total de contenido de información (el contenido X descrito anteriormente: contenido de información de individuo) requerido para representar la estructura de árbol correspondiente y de contenido de información (el contenido Y descrito anteriormente: contenido de información de residuo de predicción) de un residuo de predicción de toda la imagen para la que se realizó realmente la predicción de valores de píxel usando un procedimiento de predicción basado en la estructura de árbol pertinente. La unidad de cálculo de valores
10 estimados 15 devuelve la suma total calculada de contenido de información, como un valor estimado del individuo, a la unidad que emitió la solicitud de cálculo de valor estimado.

15 En función del valor estimado (recuperado de la unidad de almacenamiento de población de padres 11) para cada individuo padre generado por la unidad de selección y duplicación de individuos padre 12 y del valor estimado asignado a cada individuo hijo generado por la unidad de generación de individuos hijo 13, la unidad de determinación de individuos supervivientes 16 selecciona un individuo que tiene el mejor valor estimado, y almacena el individuo seleccionado y uno o más individuos diferentes en la unidad de almacenamiento de población de padres 11, junto con los valores estimados correspondientes.

20 En función de los valores estimados proporcionados por la unidad de cálculo de valores estimados 15 y similares, la unidad de determinación de convergencia 17 determina si se ha satisfecho o no una condición de convergencia, que indica la finalización de la producción del pronosticador desarrollado. Si se determina que se ha satisfecho la condición, la unidad de determinación de convergencia 17 hace que la unidad de determinación de pronosticador desarrollado 18 determine el pronosticador desarrollado.

25 Cuando recibe la solicitud de determinación de pronosticador desarrollado desde la unidad de determinación de convergencia 17, la unidad de determinación de pronosticador desarrollado 18 especifica un individuo que tiene el mejor valor estimado de entre los individuos almacenados en la unidad de almacenamiento de población de padres 11, y determina y proporciona el individuo especificado como un pronosticador desarrollado.

30 La figura 6 es un diagrama de flujo ejecutado mediante el aparato de producción de pronosticador desarrollado 1 que tiene la estructura antes descrita.

35 Según el diagrama de flujo se explicará en detalle la operación ejecutada por el aparato de producción de pronosticador desarrollado 1.

40 Como se muestra en el diagrama de flujo de la figura 6, cuando se recibe una solicitud para generar un pronosticador desarrollado para una imagen como un objetivo de codificación, el aparato de producción de pronosticador desarrollado 1 genera en primer lugar una población de padres (es decir, un conjunto de individuos como un origen para el desarrollo pertinente) que incluye un individuo que proporciona un valor predicho usando un método de codificación existente (véase la etapa S101).

45 En la etapa siguiente S102, para cada individuo en la población de padres, la suma del contenido de información X que representa un árbol correspondiente y del contenido de información Y para un residuo de predicción de toda la imagen para la que se llevó a cabo realmente la predicción de valores de píxel usando un procedimiento de predicción basado en la estructura de árbol pertinente se calcula para calcular un valor estimado.

50 El contenido de información X que representa un árbol correspondiente se calcula usando el algoritmo 1 descrito anteriormente.

El valor predicho obtenido mediante el procedimiento de predicción en función de la estructura de árbol se calcula usando el algoritmo 2 descrito anteriormente.

55 En la etapa siguiente S103, cada individuo de la población de padres se almacena en la unidad de almacenamiento de población de padres 11 junto con el valor estimado asignado al individuo.

En la etapa siguiente S104, N individuos padre se seleccionan de entre los individuos almacenados en la unidad de almacenamiento de población de padres 11, obteniéndose también los valores estimados asignados a los mismos.

60 En la etapa siguiente S105, los N individuos seleccionados se duplican y también se borran de la unidad de almacenamiento de población de padres 11.

65 En la etapa siguiente S106, M individuos hijo se generan a partir de los N individuos padre duplicados llevándose a cabo, por ejemplo, un cruzamiento como el mostrado en la figura 2, una mutación con la mostrada en la figura 3 o una inversión como la mostrada en la figura 4 mediante programación genética, que puede usar la información de mutación almacenada en la unidad de almacenamiento de información de mutación 14.

En el proceso anterior, los candidatos a un individuo (árbol) añadidos por mutación incluyen una función para generar un valor predicho usando un procedimiento convencional y una función que proporciona coordenadas x e y de un píxel que va a codificarse.

5 En la etapa siguiente S107, para cada uno de los M individuos hijo generados, la suma del contenido de información X que representa una estructura de árbol correspondiente y del contenido de información Y para un residuo de predicción de la predicción de valores de píxel real usando un procedimiento de predicción basado en la estructura de árbol pertinente se calcula para calcular un valor estimado.

10 En la etapa siguiente S108, de entre los objetivos de selección que consisten en los M individuos hijo generados y los N individuos padre duplicados, se selecciona un individuo que tiene el mejor valor estimado y se seleccionan de manera aleatoria otros N-1 individuos como individuos supervivientes.

15 En la etapa siguiente S109, los individuos supervivientes seleccionados se almacenan en la unidad de almacenamiento de población de padres 11 junto con los valores estimados correspondientes asignados a los mismos.

20 En la etapa siguiente S110 se determina si se ha satisfecho o no una condición de convergencia predeterminada. Si se determina que no se ha satisfecho todavía la condición de convergencia, entonces se determina que el desarrollo no es suficiente actualmente, y la operación vuelve a la etapa S104.

25 La condición de convergencia utilizada puede ser que una tasa decreciente del valor estimado Z (X+Y) se vuelva inferior a un valor fijado (por ejemplo, el 0,1%), o que el número de iteraciones del cálculo del valor estimado supere un valor fijado (por ejemplo, 10.000).

30 Si en la etapa S110 anterior se determina que se ha satisfecho la condición de convergencia predeterminada, entonces la operación avanza hasta la etapa S111, donde el individuo que tiene el mejor valor estimado se selecciona y proporciona como un individuo completamente desarrollado (es decir, el pronosticador desarrollado), de entre los individuos de la población de padres almacenada en la unidad de almacenamiento de población de padres 11. Después la operación finaliza.

35 Como se ha descrito anteriormente, el aparato de producción de pronosticador desarrollado 1 de la presente realización puede producir de manera automática un pronosticador desarrollado que implementa una predicción de valores de píxel muy precisa, usando programación genética.

40 Con el fin de implementar tal producción automática, el aparato de producción de pronosticador desarrollado 1 de la presente realización usa un valor estimado, que es la suma del contenido de información X que representa una estructura de árbol y del contenido de información Y de un residuo de predicción de toda la imagen para la que se llevó a cabo realmente la predicción de valores de píxel usando un procedimiento de predicción basado en la estructura de árbol pertinente. Por lo tanto, es posible producir automáticamente un pronosticador que lleve a cabo una predicción de valores de píxel para implementar una codificación de imágenes muy eficaz.

45 En la operación anterior, los candidatos a un individuo añadido incluyen una función que genera un valor predicho usando un método convencional. Por lo tanto, puede obtenerse un nivel de eficacia de predicción igual al método convencional.

50 Además, cuando un individuo de este tipo, como una función que genera un valor predicho usando un método convencional, se incluye en una población de padres cuando se genera la población de padres, puede obtenerse de manera más fiable el anterior "nivel idéntico de eficacia de predicción".

55 Además, puesto que los candidatos a un individuo añadido incluyen una función que proporciona coordenadas x e y de un píxel que va a codificarse, también es posible realizar un cambio local en el pronosticador desarrollado según la estructura interna de la imagen pertinente usando las coordenadas x e y.

La figura 7 muestra realizaciones de un aparato de codificación de imágenes 100 y de un aparato de descodificación de imágenes 200 que usan el aparato de producción de pronosticador desarrollado 1 de la presente realización.

60 El aparato de codificación de imágenes 100 de la figura 7 incluye una unidad de producción de pronosticador desarrollado 101 que produce un pronosticador desarrollado aplicado a una imagen objetivo de codificación según la operación ejecutada por el aparato de producción de pronosticador desarrollado 1 de la anterior realización, una unidad de codificación de pronosticador desarrollado 102 para codificar el pronosticador desarrollado producido por la unidad de producción de pronosticador desarrollado 101, una unidad de codificación de imágenes 103 para codificar un imagen objetivo de codificación usando el pronosticador desarrollado producido por la unidad de producción de pronosticador desarrollado 101, y una unidad de envío de datos codificados 107 que envía al aparato de descodificación de imágenes 200 (en la presente realización) datos codificados generados por la unidad de

codificación de pronosticador desarrollado 102 y por la unidad de codificación de imágenes 103.

La unidad de codificación de imágenes 103 anterior incluye un generador de valores de píxel predichos 104 que predice un valor de píxel usando el pronosticador desarrollado producido por la unidad de producción de pronosticador desarrollado 101, un ordenador de residuos de predicción 105 que calcula un residuo de predicción basándose en el valor de píxel predicho por el generador de valores de píxel predichos 104, y un codificador de residuos de predicción 106 para codificar el residuo de predicción calculado por el ordenador de residuos de predicción 105.

El aparato de descodificación de imágenes 200 de la figura 7 incluye una unidad de recepción de datos codificados 201 para recibir los datos codificados enviados desde el aparato de codificación de imágenes 100 de la presente realización, una unidad de descodificación de pronosticador desarrollado 202 para descodificar el pronosticador desarrollado producido por el aparato de codificación de imágenes 100 descodificando los datos codificados del pronosticador desarrollado recibidos por la unidad de recepción de datos codificados 201, y una unidad de descodificación de imágenes 203 para descodificar la imagen codificada por el aparato de codificación de imágenes 100 en función del pronosticador desarrollado descodificado por la unidad de descodificación de pronosticador desarrollado 202 y de los datos codificados recibidos por la unidad de recepción de datos codificados 201.

Con el fin de descodificar la imagen codificada por el aparato de codificación de imágenes 100, la unidad de descodificación de imágenes 203 incluye un generador de valores de píxel predichos 204 para predecir un valor predicho usando el pronosticador desarrollado descodificado por la unidad de descodificación de pronosticador desarrollado 202, un descodificador de residuos de predicción 205 para descodificar los datos codificados del residuo de predicción recibidos por la unidad de recepción de datos codificados 201, y un reproductor de imágenes 206 para reproducir la imagen codificada por el aparato de codificación de imágenes 100 en función del valor de píxel predicho por el generador de valores de píxel predichos 204 y del residuo de predicción descodificado por el descodificador de residuos de predicción 205.

La figura 8 es un diagrama de flujo ejecutado por el aparato de codificación de imágenes 100 mostrado en la figura 7, y la figura 9 es un diagrama de flujo ejecutado por el aparato de descodificación de imágenes 200 mostrado en la figura 7.

Según los diagramas de flujo se explicarán operaciones llevadas a cabo por el aparato de codificación de imágenes 100 y por el aparato de descodificación de imágenes 200 que tienen las estructuras mostradas en la figura 7.

Como se muestra en el diagrama de flujo de la figura 8, cuando el aparato de codificación de imágenes 100, que tiene la estructura de la figura 7, recibe una solicitud para codificar una imagen objetivo de codificación, en primer lugar produce un pronosticador desarrollado aplicado a la imagen objetivo de codificación basándose en la operación ejecutada por el aparato de producción de pronosticador desarrollado 1 descrito anteriormente (véase la etapa S201). En la etapa siguiente S202, el pronosticador desarrollado producido se codifica usando el algoritmo 3 descrito anteriormente.

Después, para la codificación de la imagen objetivo de codificación, un valor de píxel predicho (el p' descrito anteriormente) se genera usando el pronosticador desarrollado producido (véase la etapa S203), y un residuo de predicción (el p-p' descrito anteriormente) se calcula entonces en función del valor de píxel predicho generado (véase la etapa S204).

En la etapa siguiente S205 se codifica el residuo de predicción calculado y en la etapa S206 siguiente se determina si ha finalizado o no la codificación de todos los píxeles contenidos en la imagen objetivo de codificación. Si se determina que la codificación de todos los píxeles no ha finalizado todavía, el funcionamiento vuelve a la etapa S203. Si se determina que la codificación de todos los píxeles ha finalizado, el funcionamiento actual finaliza.

Como se muestra en el diagrama de flujo de la figura 9, cuando el aparato de descodificación de imágenes 200 que tiene la estructura mostrada en la figura 7 recibe los datos codificados generados por el aparato de codificación de imágenes 100, el aparato de descodificación de imágenes 200 descodifica en primer lugar los datos codificados del pronosticador desarrollado basándose en el algoritmo 4 descrito anteriormente, con el fin de descodificar el pronosticador desarrollado producido por el aparato de codificación de imágenes 100 (véase la etapa S301).

En la descodificación subsiguiente de una imagen objetivo de descodificación, en la etapa S302, un valor de píxel predicho (el p' descrito anteriormente) se genera usando el pronosticador desarrollado descodificado, y en la etapa siguiente S303 se descodifican datos codificados del residuo de predicción para obtener un residuo de predicción descodificado (es decir, el p-p' descrito anteriormente). En la etapa siguiente S304, un valor de píxel se genera y proporciona en función del valor de píxel predicho generado anteriormente y del residuo de predicción descodificado.

En la etapa siguiente S305, se determina si ha finalizado o no la descodificación pertinente de todos los píxeles incluidos en la imagen objetivo de descodificación. Si se determina que la descodificación de todos los píxeles no ha finalizado todavía, el funcionamiento vuelve a la etapa S302. Si se determina que la descodificación de todos los

píxeles ha finalizado, la operación actual finaliza.

5 Como se ha descrito anteriormente, el aparato de codificación de imágenes 100 que tiene la estructura mostrada en la figura 7 produce un pronosticador desarrollado, codifica una imagen usando el pronosticador desarrollado y también codifica el pronosticador desarrollado. El aparato de descodificación de imágenes 200 que tiene la estructura mostrada en la figura 7 obtiene el pronosticador desarrollado producido por el aparato de codificación de imágenes 100 descodificando datos codificados del pronosticador desarrollado y descodifica la imagen pertinente usando el pronosticador desarrollado.

10 Como también se ha descrito anteriormente, el aparato de producción de pronosticador desarrollado 1 produce de manera automática un pronosticador desarrollado que implementa una predicción de valores de píxel altamente precisa.

15 Por lo tanto, según el aparato de codificación de imágenes 100 y el aparato de descodificación de imágenes 200 que codifican y descodifican una imagen usando un pronosticador desarrollado producido por el aparato de producción de pronosticador desarrollado 1, puede obtenerse un alto nivel de eficacia de codificación.

20 La figura 10 muestra otras realizaciones del aparato de codificación de imágenes 100 y del aparato de descodificación de imágenes 200 que usan el aparato de producción de pronosticador desarrollado 1 descrito anteriormente.

25 El aparato de codificación de imágenes 100 y el aparato de descodificación de imágenes 200 mostrados en la figura 7 requieren la codificación y la transmisión de un pronosticador desarrollado. Sin embargo, un aparato de codificación de imágenes 100' y un aparato de descodificación de imágenes 200' mostrados en la figura 10 no realizan tal codificación y transmisión de un pronosticador desarrollado, y el pronosticador desarrollado producido por el lado de codificación puede producirse en el lado de descodificación usando píxeles transmitidos previamente, de modo que los lados de codificación y descodificación pueden codificar y descodificar una imagen usando el mismo pronosticador desarrollado.

30 Con el fin de implementar la función anterior, el aparato de codificación de imágenes 100' mostrado en la figura 10 tiene una primera unidad de codificación de imágenes 110 para codificar una imagen parcial, que pertenece a una imagen objetivo de codificación y que tiene un tamaño predeterminado, usando un pronosticador existente; una unidad de producción de pronosticador desarrollado 111 para producir un pronosticador desarrollado aplicado a una imagen descodificada de la imagen parcial codificada, donde la imagen descodificada se obtuvo mediante una descodificación realizada por la primera unidad de codificación de imágenes 110 para llevar a cabo la codificación pertinente; una segunda unidad de codificación 112 para codificar la imagen parcial restante de la imagen objetivo de codificación usando el pronosticador desarrollado producido por la unidad de producción de pronosticador desarrollado 111; y una unidad de envío de datos codificados 116 que envía al aparato de descodificación de imágenes 200' datos codificados generados por la primera unidad de codificación 110 y la segunda unidad de codificación 112.

45 Con el fin de codificar una imagen parcial que no se codifica mediante la primera unidad de codificación 110, la segunda unidad de codificación 112 anterior incluye un generador de valores de píxel predichos 113 que predice un valor de píxel usando el pronosticador desarrollado producido por la unidad de producción de pronosticador desarrollado 111, un ordenador de residuos de predicción 114 que calcula un residuo de predicción basándose en el valor de píxel predicho por el generador de valores de píxel predichos 113, y un codificador de residuos de predicción 115 para codificar el residuo de predicción calculado por el ordenador de residuos de predicción 114.

50 El aparato de descodificación de imágenes 200' mostrado en la figura 10 tiene una unidad de recepción de datos codificados 210 para recibir los datos codificados enviados desde el aparato de codificación de imágenes 100'; una primera unidad de descodificación de imágenes 211 para descodificar los datos codificados que se generaron por la primera unidad de codificación de imágenes 110 y que están incluidos en los datos codificados recibidos por la unidad de recepción de datos codificados 210; una unidad de producción de pronosticador desarrollado 212 para producir un pronosticador desarrollado aplicado a la imagen parcial descodificada por la primera unidad de descodificación de imágenes 211; una segunda unidad de descodificación de imágenes 213 para descodificar una imagen parcial que no se descodifica mediante la primera unidad de descodificación de imágenes 211, en función del pronosticador desarrollado producido por la unidad de producción de pronosticador desarrollado 212 y de los datos codificados que se generaron por la segunda unidad de codificación 112 y contenidos en los datos codificados recibidos por la unidad de recepción de datos codificados 210; y un sintetizador de imágenes 217 para generar la imagen como el objetivo de descodificación sintetizando la imagen descodificada por la primera unidad de descodificación de imágenes 211 y la imagen descodificada por la segunda unidad de descodificación de imágenes 213.

65 Con el fin de descodificar una imagen parcial que no se descodifica mediante la primera unidad de descodificación de imágenes 211, la segunda unidad de descodificación de imágenes 213 anterior incluye un generador de valores de píxel predichos 214 para predecir un valor predicho usando el pronosticador desarrollado producido por la unidad

de producción de pronosticador desarrollado 212; un descodificador de residuos de predicción 215 para descodificar los datos codificados del residuo de predicción que se recibieron por la unidad de recepción de datos codificados 210 y que se asignan a la imagen parcial que no se descodifica mediante la primera unidad de descodificación de imágenes 201; y un reproductor de imágenes 216 para reproducir la imagen parcial que no se descodifica mediante la primera unidad de descodificación de imágenes 211, en función del valor de píxel predicho por el generador de valores de píxel predichos 214 y del residuo de predicción descodificado por el descodificador de residuos de predicción 215.

La figura 11 es un diagrama de flujo ejecutado por el aparato de codificación de imágenes 100' mostrado en la figura 10, y la figura 12 es un diagrama de flujo ejecutado por el aparato de descodificación de imágenes 200' mostrado en la figura 10.

Según los diagramas de flujo se explicarán operaciones llevadas a cabo por el aparato de codificación de imágenes 100' y por el aparato de descodificación de imágenes 200'.

Cuando el aparato de codificación de imágenes 100' recibe una solicitud para codificar una imagen, en primer lugar codifica una imagen parcial (que tiene supuestamente N píxeles) que pertenece a una imagen objetivo de codificación y que tiene un tamaño predeterminado, usando un pronosticador existente (véase la etapa S401). En la etapa siguiente S402, la codificación continúa hasta que se confirme la finalización de la codificación de la imagen parcial pertinente, codificándose así la imagen parcial.

Por ejemplo, tal imagen parcial que pertenece a una imagen objetivo de codificación y que tiene un tamaño predeterminado se codifica usando JPEG-LS.

En la etapa siguiente S403, un pronosticador desarrollado aplicado a una imagen descodificada (para la imagen parcial codificada) obtenida mediante la codificación de la etapa anterior S401 se produce en función de la operación ejecutada por el aparato de producción de pronosticador desarrollado 1 descrito anteriormente.

Como se ha descrito anteriormente, un pronosticador desarrollado que tiene un valor estimado preferible se produce según un valor estimado definido como la suma del contenido de información X que representa una estructura de árbol y del contenido de información Y de un residuo de predicción de toda la imagen para la que se llevó a cabo realmente la predicción de valores de píxel usando un procedimiento de predicción basado en la estructura de árbol pertinente. Sin embargo, puesto que no es necesario transmitir un pronosticador desarrollado en la presente realización, el valor estimado se calcula definiendo el contenido de información X como nulo (el procedimiento de desarrollo no se modifica), y el pronosticador desarrollado se produce en función del valor estimado calculado.

Después, para la codificación de la imagen parcial restante que también pertenece a la imagen objetivo de codificación pero que no se codificó en la etapa S401 anterior, un valor de píxel predicho (el p' descrito anteriormente) se genera usando el pronosticador desarrollado producido (véase la etapa S404) y, en la etapa siguiente S405, un residuo de predicción (el p-p' descrito anteriormente) se calcula en función del valor de píxel predicho generado.

En la etapa siguiente S406 se codifica el residuo de predicción calculado y en la etapa siguiente S407 se determina si ha finalizado o no la codificación de todos los píxeles contenidos en la imagen objetivo de codificación. Si se determina que la codificación de todos los píxeles no ha finalizado todavía, la operación vuelve a la etapa S404. Si se determina que la codificación de todos los píxeles ha finalizado, la operación actual finaliza.

Como se muestra en el diagrama de flujo de la figura 12, cuando el aparato de descodificación de imágenes 200' recibe los datos codificados generados por el aparato de codificación de imágenes 100', el aparato de descodificación de imágenes 200' empieza primero a descodificar los datos codificados de la imagen parcial (que tiene supuestamente N píxeles) codificada por el aparato de codificación de imágenes 100' usando el pronosticador existente (véase la etapa S501). En la etapa siguiente S502, la descodificación continúa hasta que se confirme la finalización de la descodificación de la imagen parcial pertinente, descodificándose así la imagen parcial.

Por ejemplo, tal imagen parcial que tiene un tamaño predeterminado se descodifica usando JPEG-LS.

En la etapa siguiente S503, un pronosticador desarrollado aplicado a una imagen descodificada obtenida mediante la descodificación de la etapa anterior S501 se produce en función de la operación ejecutada por el aparato de producción de pronosticador desarrollado 1 descrito anteriormente.

Como se ha descrito anteriormente, un pronosticador desarrollado que tiene un valor estimado preferible se produce según un valor estimado definido como la suma del contenido de información X que representa una estructura de árbol y del contenido de información Y de un residuo de predicción de toda la imagen para la que se llevó a cabo realmente la predicción de valores de píxel usando un procedimiento de predicción basado en la estructura de árbol pertinente. Sin embargo, puesto que no es necesario transmitir un pronosticador desarrollado en la presente realización, el valor estimado se calcula definiendo el contenido de información X como nulo (el procedimiento de

desarrollo no se modifica), y el pronosticador desarrollado se produce en función del valor estimado calculado.

Después, en la descodificación de la imagen parcial restante que también pertenece a la imagen objetivo de descodificación, un valor de píxel predicho (el p' descrito anteriormente) se genera usando el pronosticador desarrollado producido (véase la etapa S504) y, en la etapa siguiente S505, un residuo de predicción (el $p-p'$ descrito anteriormente) se descodifica mediante la descodificación de los datos codificados del residuo de predicción.

En la etapa siguiente S506, un valor de píxel se genera y se proporciona en función del valor de píxel predicho generado anteriormente y del residuo de predicción descodificado.

En la etapa siguiente S507 se determina si ha finalizado o no la descodificación pertinente de todos los píxeles incluidos en la imagen parcial restante de la imagen objetivo de descodificación. Si se determina que la descodificación de todos los píxeles no ha finalizado todavía, la operación vuelve a la etapa S504. Si se determina que la descodificación de todos los píxeles ha finalizado, la operación actual finaliza.

Como se ha descrito anteriormente, el aparato de codificación de imágenes 100' que tiene la estructura mostrada en la figura 10 codifica una parte de la imagen objetivo de codificación usando un método de codificación existente, produce un pronosticador desarrollado usando una imagen descodificada obtenida mediante esa codificación y codifica la imagen parcial restante usando el pronosticador desarrollado producido.

El aparato de descodificación de imágenes 200' que tiene la estructura mostrada en la figura 10 descodifica una parte de la imagen objetivo de descodificación descodificando los datos codificados pertinentes según un método de descodificación existente, produce un pronosticador desarrollado usando la imagen descodificada y descodifica la imagen parcial restante usando el pronosticador desarrollado producido.

Como también se ha descrito anteriormente, el aparato de producción de pronosticador desarrollado 1 produce de manera automática un pronosticador desarrollado que implementa una predicción de valores de píxel muy precisa.

Por lo tanto, según el aparato de codificación de imágenes 100' y el aparato de descodificación de imágenes 200' que codifican y descodifican una imagen usando un pronosticador desarrollado producido por el aparato de producción de pronosticador desarrollado 1, puede obtenerse un alto nivel de eficacia de codificación.

En un experimento llevado a cabo por los inventores de la presente invención descrita anteriormente para verificar la eficacia de la invención, cuando un valor estimado $X+Y$ se minimizó para una imagen, pudo producirse el siguiente pronosticador desarrollado relativamente sencillo: (sumar (restar 0,5 (restar (div (lgap) (lne)) (lgap))) (div (lnw) (lgap))), donde lgap indica un valor predicho no lineal obtenido de la periferia, e lne e lnw son valores de píxel periféricos mostrados en la figura 14.

El valor estimado adquirido $X+Y$ fue de 1170235 bits, que resultó ser mejor que el valor máximo de 1176090 bits que puede obtenerse mediante pronosticadores existentes actualmente disponibles.

El pronosticador desarrollado pertinente lleva a cabo una división entre valores predichos, lo que indica que la presente invención puede producir un procedimiento de generación de valores predichos que no puede anticiparse teniendo en cuenta pronosticadores convencionales.

A continuación se muestran resultados del experimento llevado a cabo para comprobar la eficacia de la invención. En el experimento, una función de generación de valores predichos existente (como un individuo) no se incluyó en una población de padres.

En el presente experimento, árboles de predicción comparativos fueron un pronosticador de mínimos cuadrados (LS) que lleva a cabo una predicción lineal, un pronosticador por entropía mínima (LE) que también lleva a cabo una predicción lineal, un pronosticador GAP para CALIC, que lleva a cabo una predicción no lineal (usando cuatro píxeles periféricos, de manera similar a la presente invención (véase la figura 14)), y un pronosticador MED para JPEG-LS, que también lleva a cabo una predicción no lineal (usando tres píxeles periféricos).

En la predicción "LE" anterior, cinco coeficientes de la predicción LS se usan como valores iniciales, e Y se minimiza mediante una búsqueda multidimensional basada en un procedimiento de Powell. La predicción LE proporciona el nivel más alto de eficacia entre los métodos de predicción lineal.

La figura 13 muestra el contenido de información ($X+Y$) para el residuo de cada imagen (que tiene 512 x 512 píxeles, una gradación de 8 bits y solamente datos de luminancia) usada en el experimento, donde el contenido de información también tiene en cuenta información suplementaria (50 para LS y LE, 0 para MED, y los X bits del método propuesto por la presente invención). La figura 13 también muestra cada incremento con respecto al contenido de información del presente método propuesto para cada imagen. Además, la línea inferior de la figura 13 muestra el contenido de información X de un árbol de la presente invención para cada imagen. La unidad del contenido de información de residuo es bpp (bit por píxel).

5 En lo que respecta a los resultados del experimento, se ha confirmado que el pronosticador producido automáticamente según la presente invención tenía el mayor nivel de eficacia. El promedio del contenido de información X para un árbol del pronosticador producido automáticamente según la presente invención es de 726 bits, lo que indica una ligera complejidad en comparación con los pronosticadores GAP y MED (que tienen respectivamente 349,5 bits y 116 bits, y que se definieron como cero en el presente experimento).

10 Para la imagen "Lena" se realizó por separado un cálculo de desarrollo sin considerar el contenido X de información de árbol para minimizar solamente el contenido Y de información de residuo. En comparación con los resultados mostrados en la figura 13, los resultados del cálculo realizado aparte para el método propuesto de la presente invención muestran que Y (que no se muestra en la figura 14) disminuyó en un 0,06%, pero X aumentó tres veces aproximadamente (es decir, $X = 2795$ bits), de modo que $X+Y$ aumentó en un 0,14%. Aunque el agrandamiento de un árbol es un problema denominado "expansión" debido a la GP, esto puede impedirse mediante la presente invención, que también tiene en cuenta X.

15 Para la imagen "babuino" se produjo un árbol de predicción para asignar diferentes procesos a una región inferior, que representa una sexta parte, y a la región restante de la imagen. La sexta parte y las regiones restantes corresponden a la región que contiene, o no, la barba. Un árbol de predicción de este tipo soporta una búsqueda de alto nivel basada en GP.

20 La eficacia de la presente invención pudo comprobarse en función de los resultados descritos anteriormente de los experimentos.

25 **Aplicabilidad industrial**

Como se ha descrito anteriormente, la presente invención puede aplicarse para codificar y decodificar una imagen estática o de vídeo con el fin de implementar una predicción de valores de píxel muy precisa. Por lo tanto, un procedimiento de predicción que es adecuado para cada imagen de entrada y que puede reducir adicionalmente la cantidad pertinente de código puede producirse automáticamente usando un ordenador.

30 **Símbolos de referencia**

- 1. aparato de producción de pronosticador desarrollado
- 35 10. unidad de generación de población de padres
- 11. unidad de almacenamiento de población de padres
- 12. unidad de selección y duplicación de individuos padre
- 40 13. unidad de generación de individuos hijo
- 14. unidad de almacenamiento de información de mutación
- 45 15. unidad de cálculo de valores estimados
- 16. unidad de determinación de individuos supervivientes
- 17. unidad de determinación de convergencia
- 50 18. unidad de determinación de pronosticador desarrollado

REIVINDICACIONES

1. Un método para producir automáticamente un pronosticador para usarse en la codificación de imágenes, donde el pronosticador predice un valor de un píxel objetivo de codificación de una imagen objetivo de codificación usando un píxel descodificado previamente, comprendiendo el método:
- 5 una primera etapa (S101) que genera una población de padres produciendo pronosticadores de manera aleatoria, donde cada uno se representa mediante una estructura de árbol de expresión que tiene funciones asignadas en nodos no finales y argumentos asignados en nodos finales, donde un argumento es un valor numérico o un valor de píxel periférico;
- 10 una segunda etapa (S104, S106) que selecciona un número predeterminado de pronosticadores como padres a partir de la población de padres, y que genera uno o más pronosticadores como hijos procesando los pronosticadores seleccionados como padres usando una programación genética, donde los candidatos a nodos finales de las estructuras de árbol de expresión de los pronosticadores que van a generarse como hijos incluyen una función que proporciona un valor predicho usando un método de predicción convencional que tiene argumentos predeterminados y una función que proporciona coordenadas del píxel objetivo de codificación de la imagen objetivo de codificación;
- 15 una tercera etapa (S108) que:
- selecciona un pronosticador que tiene un coste de estimación mínimo de entre los pronosticadores seleccionados como padres y generados como hijos en la segunda etapa, donde el coste de estimación de un pronosticador corresponde a la suma de un contenido de información que representa la estructura de árbol de expresión del pronosticador y de un contenido de información de un residuo de predicción de la imagen objetivo de codificación para la que se lleva a cabo la predicción de valores de píxel usando el pronosticador; y
 - almacena en la población de padres los pronosticadores seleccionados y uno o más pronosticadores diferentes; y
- 20 una cuarta etapa (S110, S111) que controla la iteración de la segunda y la tercera etapa hasta que se satisfaga una condición predeterminada, y que produce un pronosticador que tiene el mejor coste de estimación ya que el resultado de la iteración es un pronosticador final.
2. Un método de codificación de imágenes para codificar una imagen usando un valor de píxel predicho generado por un pronosticador predeterminado que predice un valor de un píxel objetivo de codificación usando un píxel descodificado previamente, comprendiendo el método:
- 35 una primera etapa (S201) que produce un pronosticador final por medio del método según la reivindicación 1;
- 40 una segunda etapa (S202) que codifica el pronosticador final producido por la primera etapa;
- una tercera etapa (S203) que genera un valor predicho de cada píxel incluido en la imagen objetivo de codificación en función del pronosticador final producido por la primera etapa; y
- 45 una cuarta etapa (S205) que codifica una señal residual de predicción calculada en función del valor de píxel predicho generado por la tercera etapa.
3. Un método de codificación de imágenes para codificar una imagen objetivo de codificación usando un valor de píxel predicho generado por un pronosticador predeterminado que predice un valor de un píxel objetivo de codificación usando un píxel descodificado previamente, comprendiendo el método:
- 50 una primera etapa (S401) que codifica una imagen objetivo de codificación parcial que tiene un tamaño predeterminado, usando como pronosticador una función que proporciona un valor predicho usando un método de predicción convencional que tiene argumentos predeterminados;
- 55 una segunda etapa (S402) que produce un pronosticador final que tiene el mejor coste de estimación para codificar una imagen descodificada obtenida durante la codificación de la imagen objetivo de codificación parcial mediante la primera etapa, por medio del método según la reivindicación 1, que estima que el contenido de información que representa una estructura de árbol de expresión es nulo;
- 60 una tercera etapa (S404) que genera un valor predicho de cada píxel incluido en la parte diferente a la imagen objetivo de codificación parcial de la imagen objetivo de codificación, en función del pronosticador final producido por la segunda etapa; y
- 65 una cuarta etapa (S406) que codifica una señal residual de predicción calculada en función del valor de píxel predicho generado por la tercera etapa.

4. Un método de descodificación de imágenes para descodificar datos codificados de una imagen que se codificaron usando un valor de píxel predicho generado por un pronosticador predeterminado que predice un valor de un píxel objetivo de codificación usando un píxel descodificado previamente, donde la imagen consiste en una imagen objetivo de descodificación parcial y en una parte restante, comprendiendo el método:
- 5 una primera etapa (S501) que descodifica datos codificados para la imagen objetivo de descodificación parcial que tiene un tamaño predeterminado y que se codificó usando como pronosticador una función que proporciona un valor predicho usando un método de predicción convencional que tiene argumentos predeterminados, donde los datos codificados se generaron en un lado de codificación;
- 10 una segunda etapa (S503) que produce un pronosticador final que tiene el mejor coste de estimación para codificar la imagen objetivo de descodificación parcial obtenida mediante la primera etapa, por medio del método según la reivindicación 1, que estima que un contenido de información que representa una estructura de árbol de expresión es nulo;
- 15 una tercera etapa (S504) que genera un valor predicho de cada píxel incluido en la parte restante diferente a la imagen objetivo de descodificación parcial en dicha imagen, en función del pronosticador final producido por la segunda etapa;
- 20 una cuarta etapa (S505) que descodifica datos codificados para una señal residual de predicción calculada usando el valor de píxel predicho que se generó en función del procedimiento de generación de valores predichos final producido por la segunda etapa, donde los datos codificados se generaron en un lado de codificación; y
- 25 una quinta etapa (S506) que reproduce la parte restante en función del valor de píxel predicho generado por la tercera etapa y de la señal residual de predicción descodificada por la cuarta etapa.
5. Un aparato (1) para producir automáticamente un pronosticador que se usará en la codificación de imágenes, donde el pronosticador predice un valor de un píxel objetivo de codificación de una imagen objetivo de codificación usando un píxel descodificado previamente, comprendiendo el aparato:
- 30 un primer dispositivo (10) que genera una población de padres produciendo pronosticadores de manera aleatoria, donde cada uno se representa mediante una estructura de árbol de expresión que tiene funciones asignadas en nodos no finales y argumentos asignados en nodos finales, donde un argumento es un valor numérico o un valor de píxel periférico;
- 35 un segundo dispositivo (12, 13) que selecciona un número predeterminado de pronosticadores como padres a partir de la población de padres, y que genera uno o más pronosticadores como hijos procesando los pronosticadores seleccionados como padres usando una programación genética, donde los candidatos a nodos finales de las estructuras de árbol de expresión de los pronosticadores que van a generarse como hijos incluyen una función que proporciona un valor predicho usando un método de predicción convencional que tiene argumentos predeterminados y una función que proporciona coordenadas del píxel objetivo de codificación de la imagen objetivo de codificación;
- 40 un tercer dispositivo (16) que:
- 45 - selecciona un pronosticador de entre los pronosticadores seleccionados como padres y generados como hijos por el segundo dispositivo, donde el coste de estimación de un pronosticador corresponde a la suma de un contenido de información que representa la estructura de árbol de expresión del pronosticador y de un contenido de información de un residuo de predicción de la imagen objetivo de codificación para la que se lleva a cabo la predicción de valores de píxel usando el pronosticador; y
- 50 - almacena en la población de padres el pronosticador seleccionado y uno o más pronosticadores diferentes; y
- 55 un cuarto dispositivo (17, 18) que controla la iteración de los procesos llevados a cabo por el segundo y el tercer dispositivo hasta que se satisfaga una condición predeterminada, y que produce un pronosticador que tiene el mejor coste de estimación ya que el resultado de la iteración es un pronosticador final.
6. Un aparato de codificación de imágenes (100) que codifica una imagen usando un valor de píxel predicho generado por un pronosticador predeterminado que predice un valor de un píxel objetivo de codificación usando un píxel descodificado previamente, comprendiendo el aparato:
- 60 un primer dispositivo (101) que incluye el aparato de la reivindicación 5 para producir un pronosticador final;
- 65 un segundo dispositivo (102) que codifica el pronosticador final producido por el primer dispositivo;
- un tercer dispositivo (104) que genera un valor predicho de cada píxel incluido en la imagen objetivo de codificación

en función del pronosticador final producido por el primer dispositivo; y

un cuarto dispositivo (106) que codifica una señal residual de predicción calculada en función del valor de píxel predicho generado por el tercer dispositivo.

5 7. Un aparato de codificación de imágenes (100') que codifica una imagen usando un valor de píxel predicho generado por un pronosticador predeterminado que predice un valor de un píxel objetivo de codificación usando un píxel descodificado previamente, estando caracterizado el aparato por comprender:

10 un primer dispositivo (110) que codifica una imagen objetivo de codificación parcial que tiene un tamaño predeterminado, usando como pronosticador una función que proporciona un valor predicho usando un método de predicción convencional que tiene argumentos predeterminados;

15 un segundo dispositivo (111) que produce un pronosticador final que tiene el mejor coste de estimación para codificar una imagen descodificada obtenida durante la codificación de la imagen objetivo de codificación parcial mediante el primer dispositivo, por medio del funcionamiento del aparato según la reivindicación 5, que estima que un contenido de información que representa una estructura de árbol de expresión es nulo;

20 un tercer dispositivo (113) que genera un valor predicho de cada píxel incluido en la parte diferente a la imagen objetivo de codificación parcial de la imagen objetivo de codificación, en función del pronosticador final producido por el segundo dispositivo; y

un cuarto dispositivo (115) que codifica una señal residual de predicción calculada en función del valor de píxel predicho generado por el tercer dispositivo.

25 8. Un aparato de descodificación de imágenes (200') que descodifica datos codificados de una imagen que se codificaron usando un valor de píxel predicho generado por un pronosticador predeterminado que predice un valor de un píxel objetivo de codificación usando un píxel descodificado previamente, donde la imagen consiste en un imagen objetivo de descodificación parcial y en una parte restante, comprendiendo el aparato:

30 un primer dispositivo (211) que descodifica datos codificados para la imagen objetivo de descodificación parcial que tiene un tamaño predeterminado y que se codificó usando como pronosticador una función que proporciona un valor predicho usando un método de predicción convencional que tiene argumentos predeterminados, donde los datos codificados se generaron en un lado de codificación;

35 un segundo dispositivo (212) que produce un pronosticador final que tiene el mejor coste de estimación para codificar la imagen objetivo de descodificación parcial obtenida mediante el primer dispositivo, por medio del funcionamiento del aparato según la reivindicación 5, que estima que un contenido de información que representa una estructura de árbol de expresión es nulo;

40 un tercer dispositivo (214) que genera un valor predicho de cada píxel incluido en la parte restante diferente a la imagen objetivo de descodificación parcial en dicha imagen, en función del pronosticador final producido por el segundo dispositivo;

45 un cuarto dispositivo (215) que descodifica datos codificados para una señal residual de predicción calculada usando el valor de píxel predicho que se generó en función del pronosticador final producido por el segundo dispositivo, donde los datos codificados se generaron en un lado de codificación; y

50 un quinto dispositivo (216) que reproduce la parte restante en función del valor de píxel predicho generado por el tercer dispositivo y de la señal residual de predicción descodificada por el cuarto dispositivo.

9. Un programa mediante el cual un ordenador ejecuta el método según la reivindicación 1.

55 10. Un medio de almacenamiento legible por ordenador que almacena un programa mediante el cual un ordenador ejecuta el método según la reivindicación 1.

11. Un programa de codificación de imágenes mediante el cual un ordenador ejecuta el método de codificación de imágenes según la reivindicación 2 o 3.

60 12. Un medio de almacenamiento legible por ordenador que almacena un programa de codificación de imágenes mediante el cual un ordenador ejecuta el método de codificación de imágenes según la reivindicación 2 o 3.

13. Un programa de descodificación de imágenes mediante el cual un ordenador ejecuta el método de descodificación de imágenes según la reivindicación 4.

65 14. Un medio de almacenamiento legible por ordenador que almacena un programa de descodificación de imágenes

mediante el cual un ordenador ejecuta el método de descodificación de imágenes según la reivindicación 4.

FIG. 1

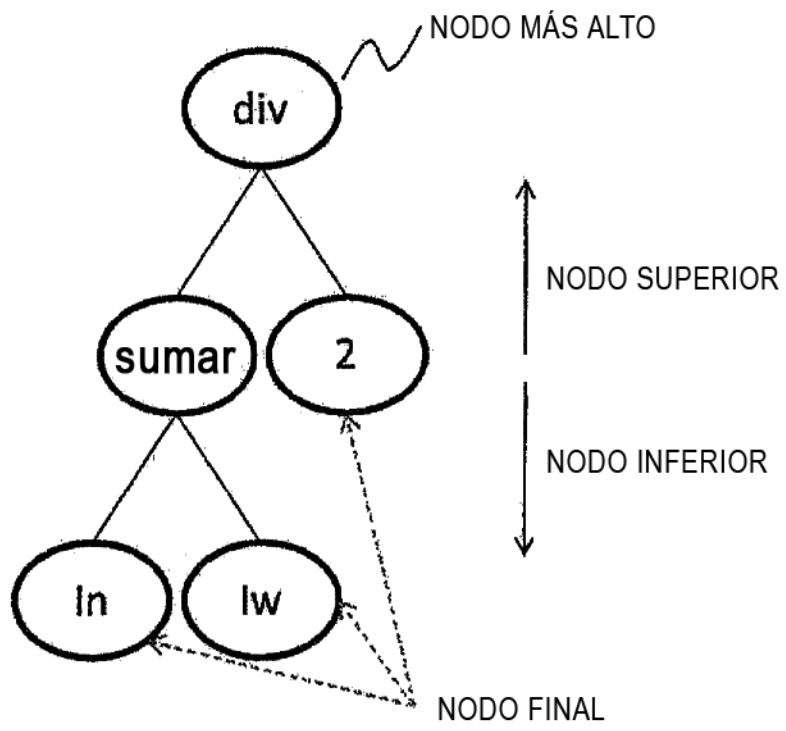


FIG. 2

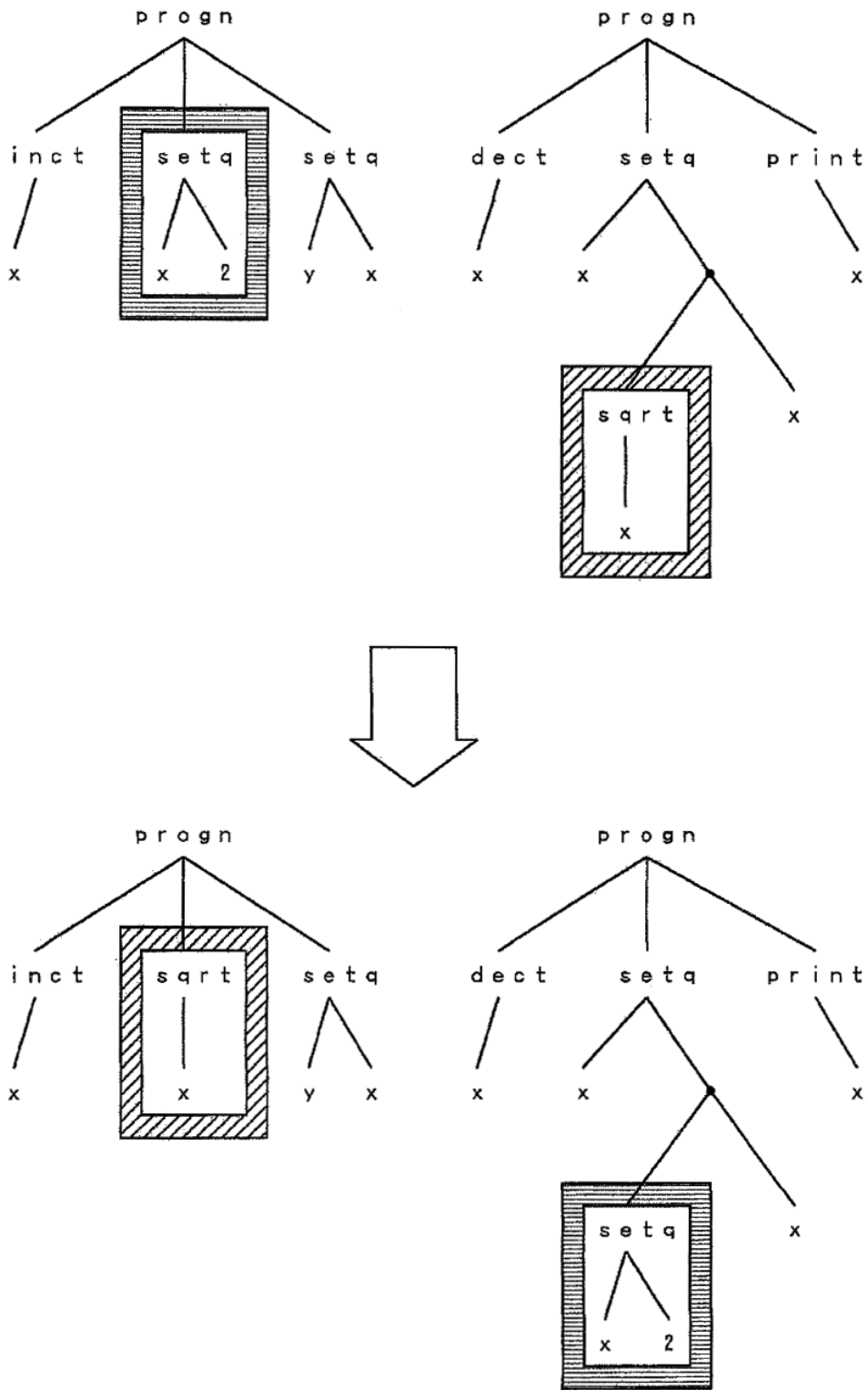
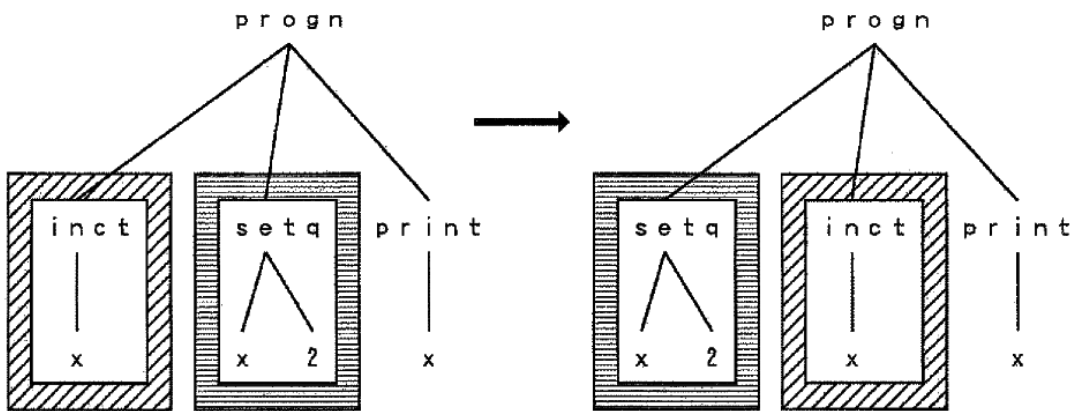


FIG. 3



FIG. 4



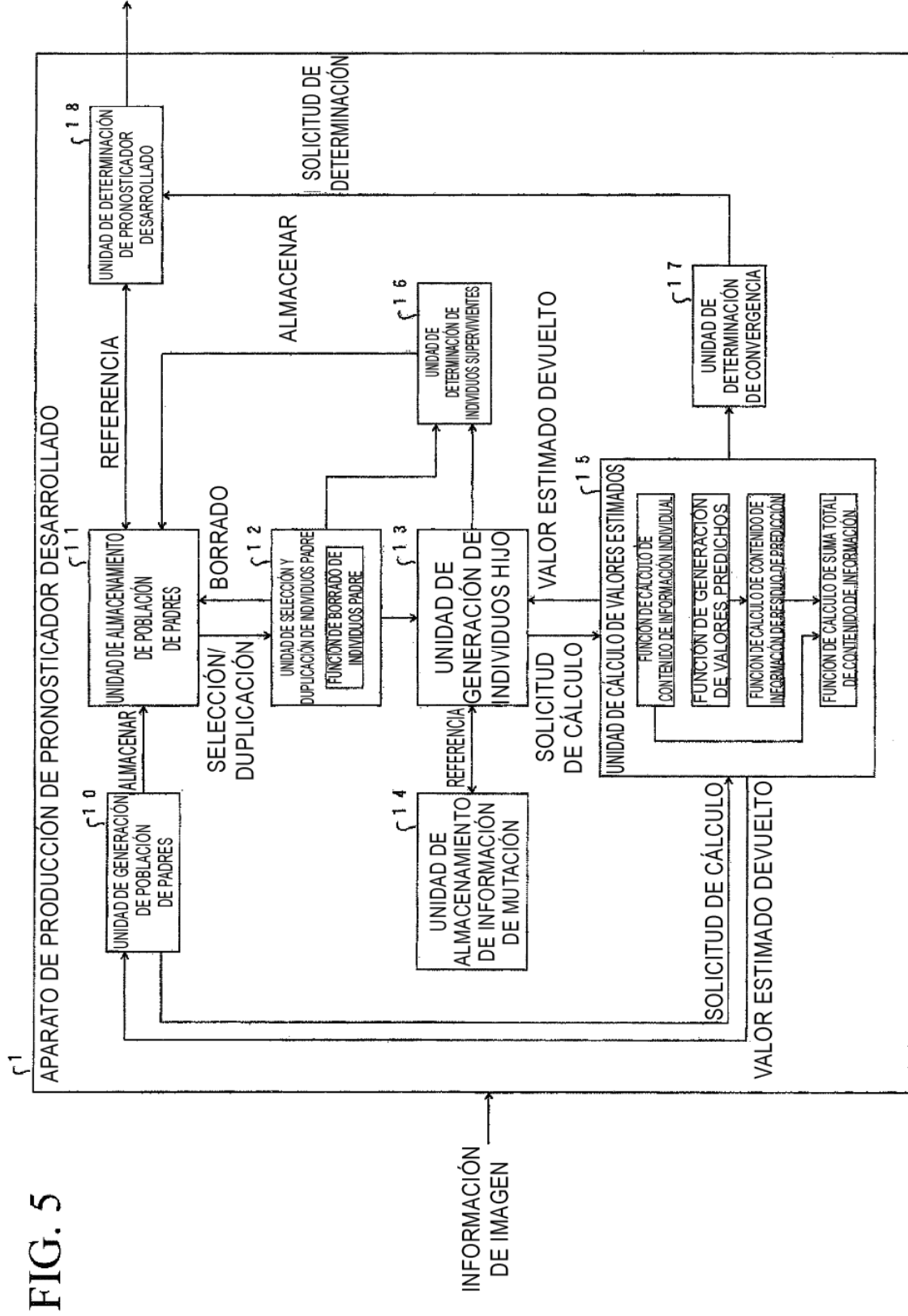
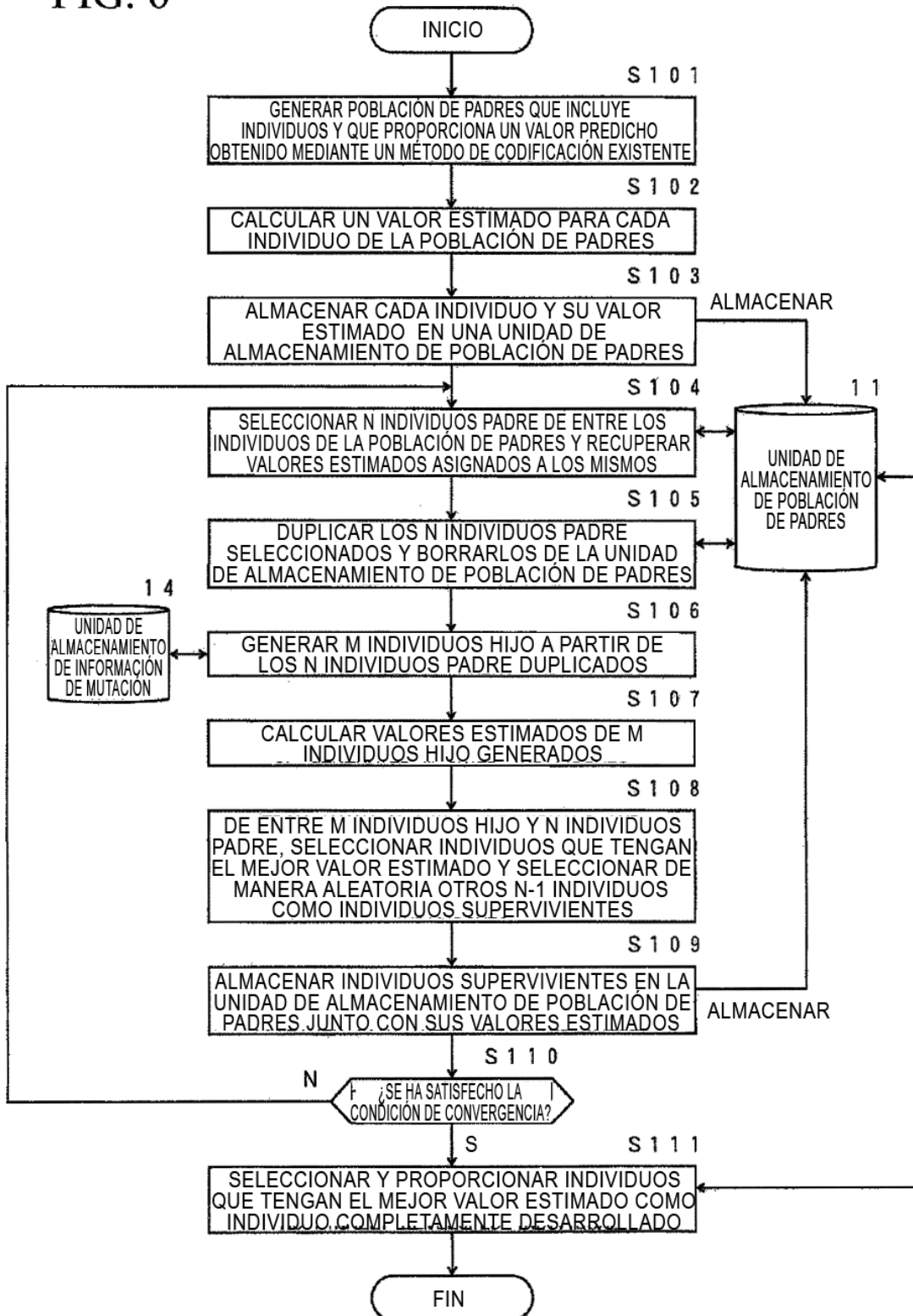


FIG. 6



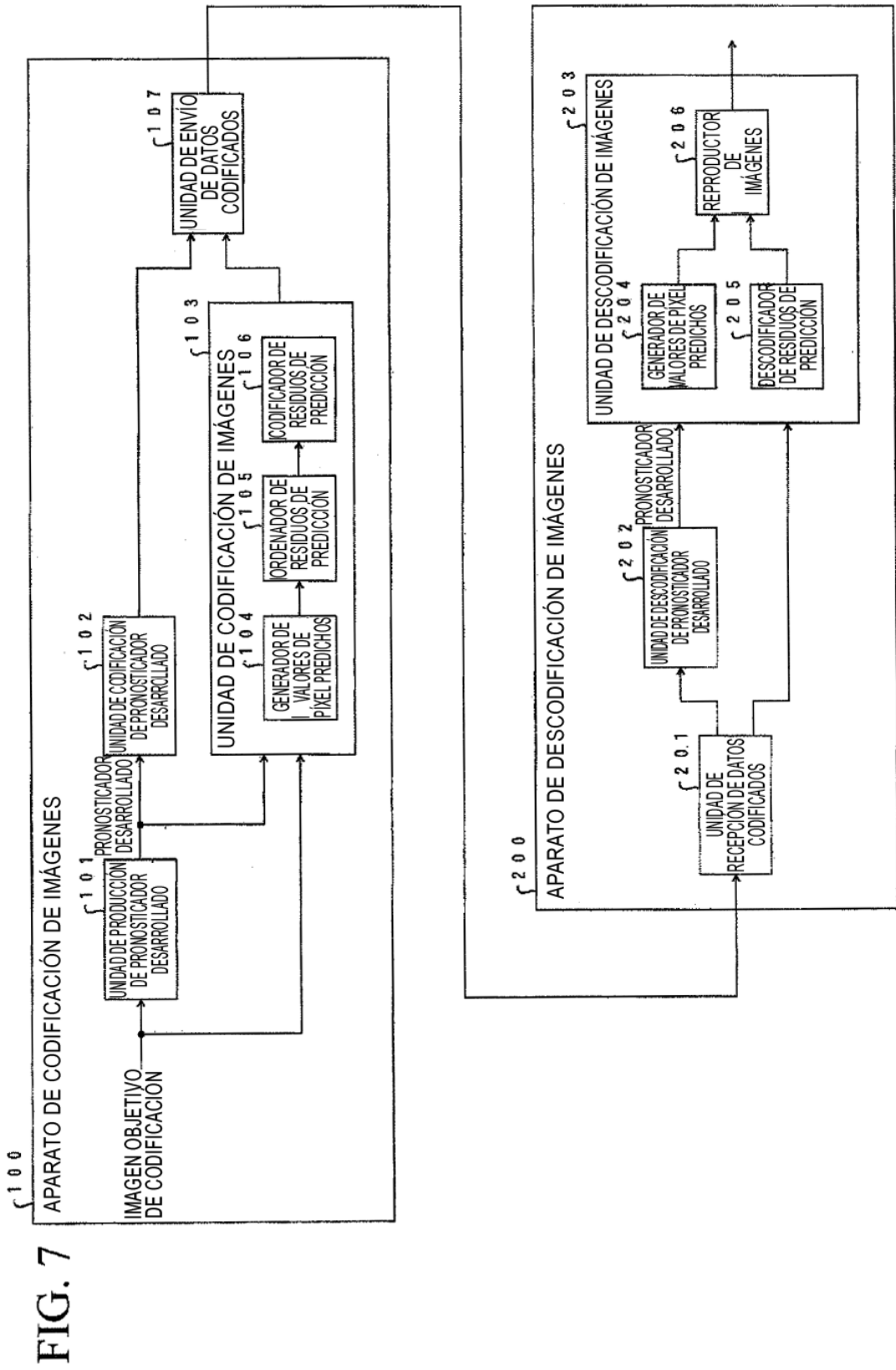


FIG. 8

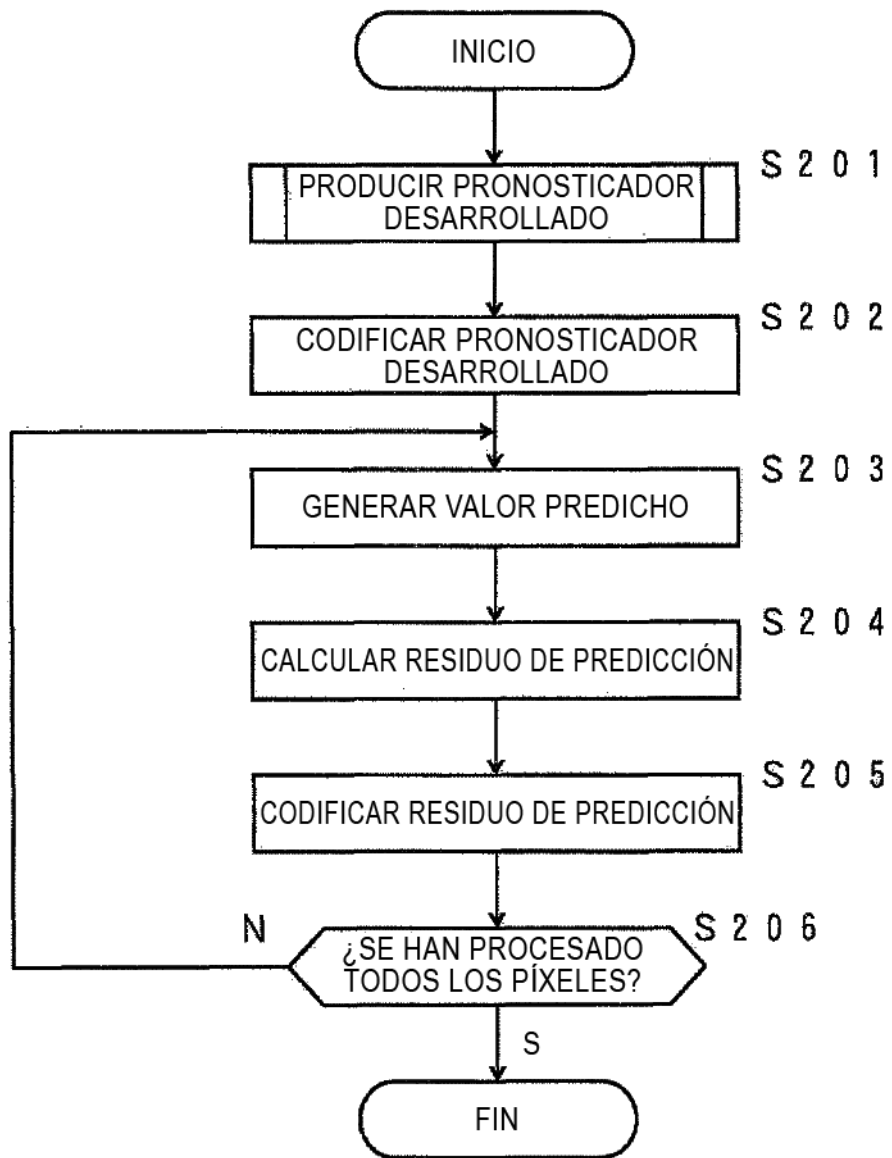


FIG. 9

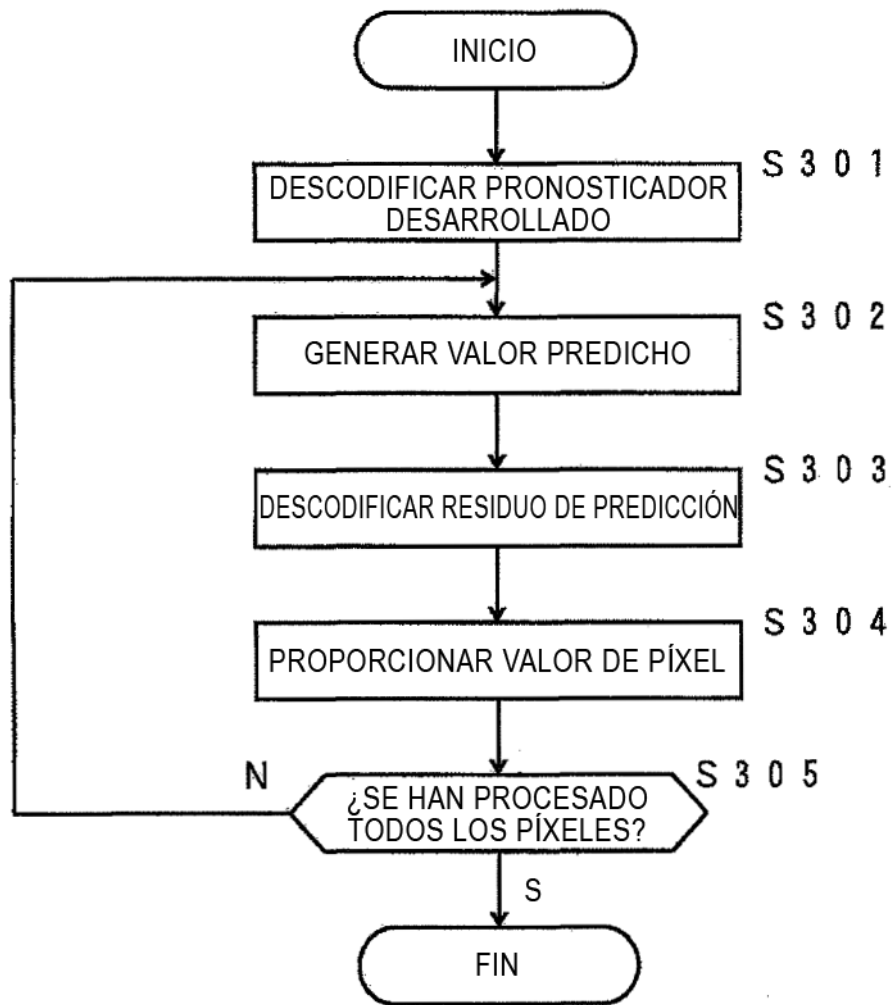


FIG. 10

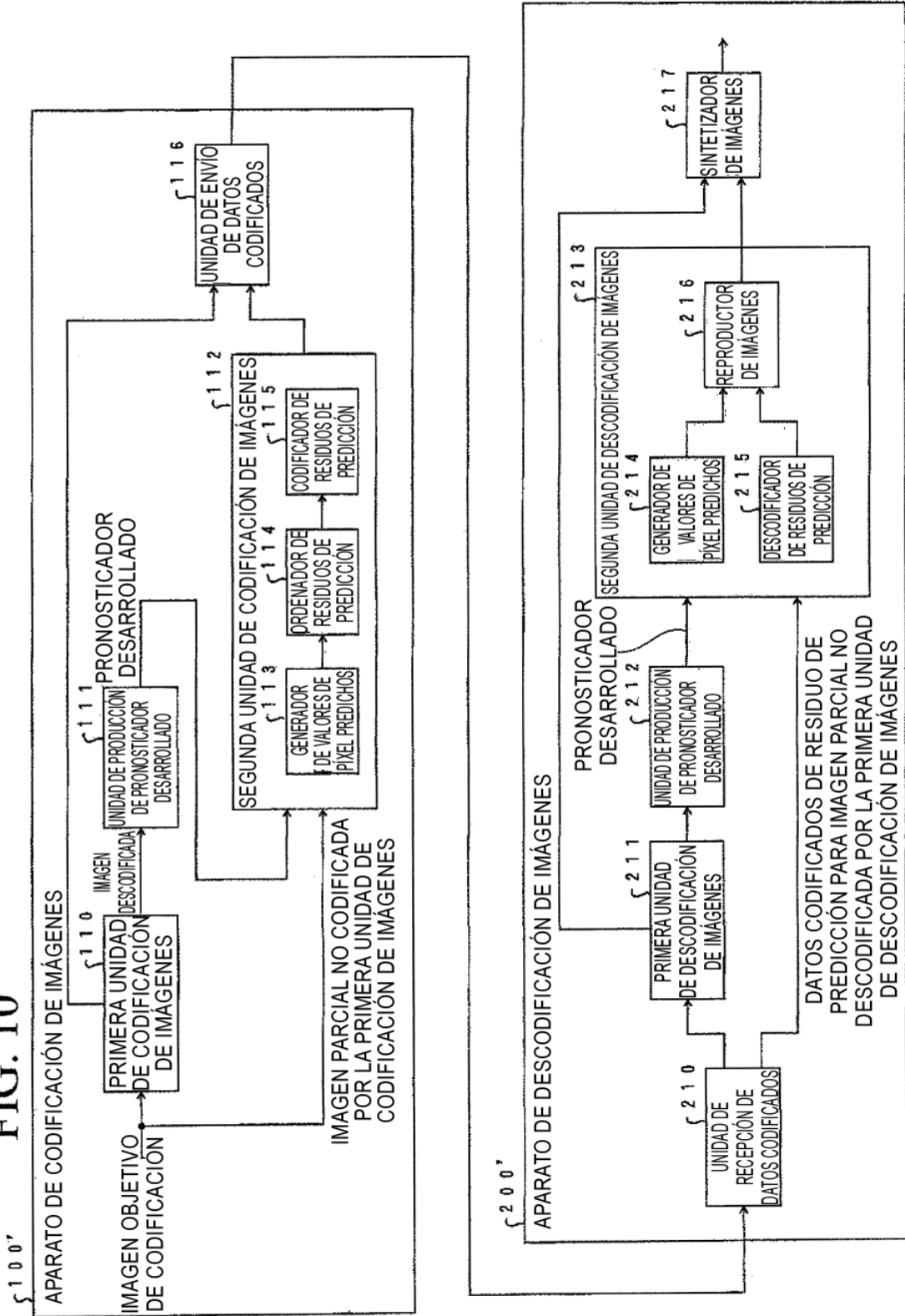


FIG. 11

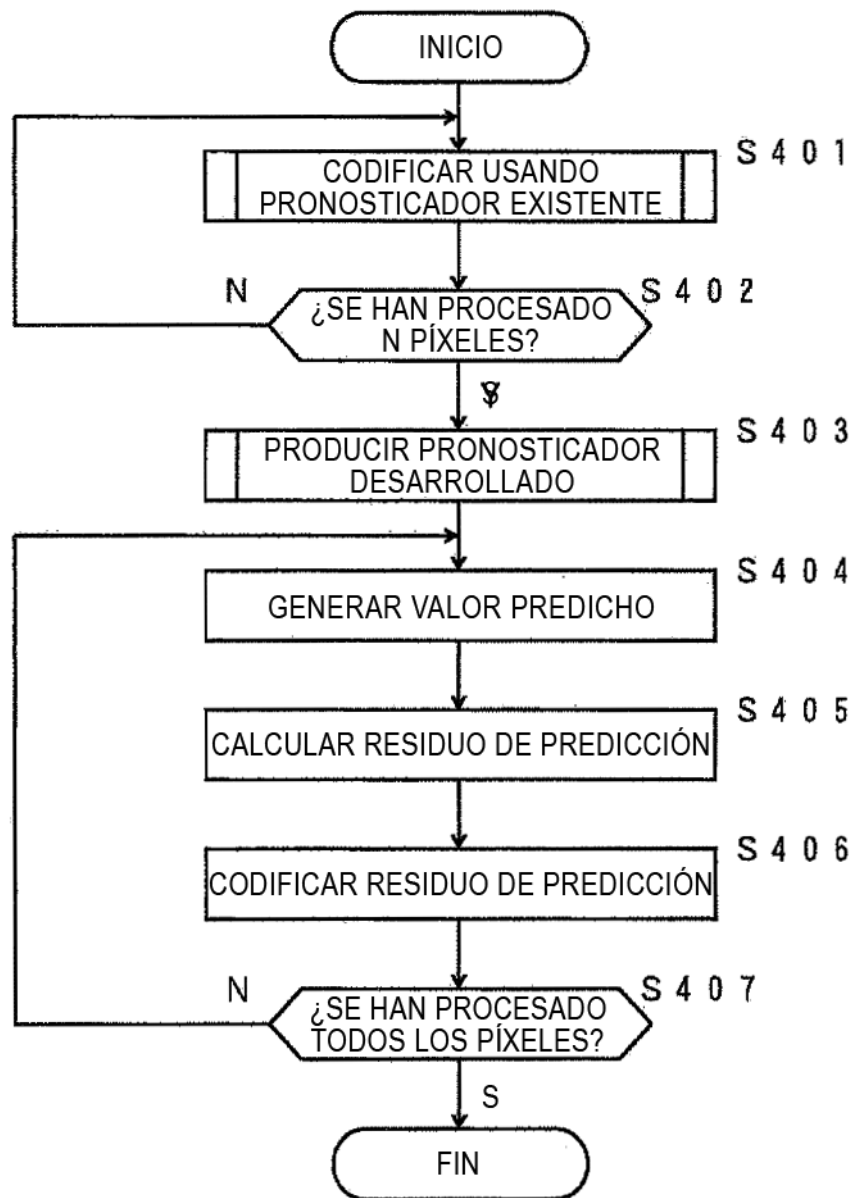


FIG. 12

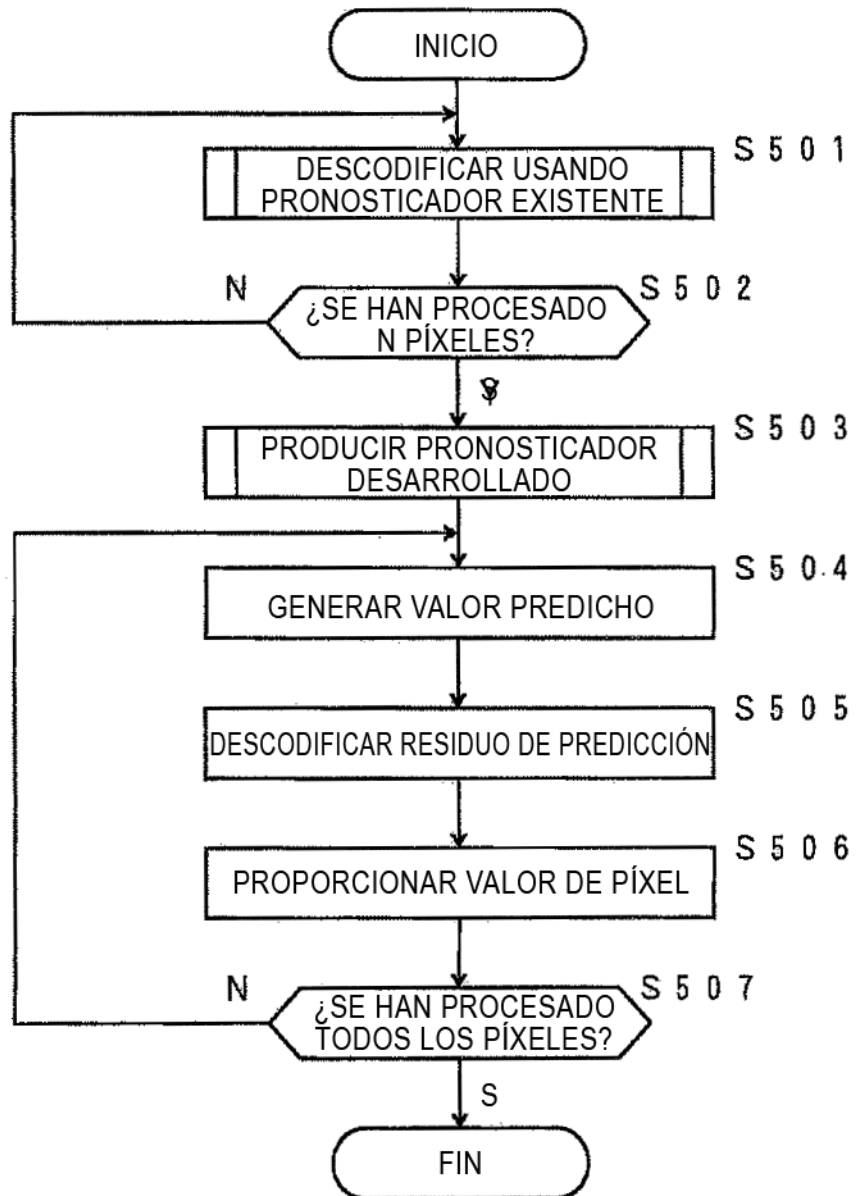


FIG. 13

IMAGEN PRONOSTICADOR	Lena		Babuino		Avión		Pimientos		Promedio	
	X+Y [bpp]	INCREMENTO RESPECTO AL METODO PROPUESTO	X+Y [bpp]	INCREMENTO RESPECTO AL METODO PROPUESTO	X+Y [bpp]	INCREMENTO RESPECTO AL METODO PROPUESTO	X+Y [bpp]	INCREMENTO RESPECTO AL METODO PROPUESTO	X+Y [bpp]	INCREMENTO RESPECTO AL METODO PROPUESTO
LS	4,551	1,472%	5,521	0,989%	3,654	3,673%	4,465	2,502%	4,548	2,011%
LE	4,529	0,969%	5,506	0,704%	3,619	2,678%	4,417	1,394%	4,517	1,329%
GAP	4,539	1,208%	5,556	1,627%	3,568	1,241%	4,468	2,579%	4,533	1,678%
MED	4,692	4,609%	5,592	2,278%	3,644	3,393%	4,646	6,665%	4,643	4,156%
METODO PROPUESTO	4,485	(0%)	5,467	(0%)	3,525	(0%)	4,356	(0%)	4,458	(0%)
X (MÉTODOPROPUUESTO)	818[bits]		523[bits]		656[bits]		905[bits]		726[bits]	

FIG. 14

l n w	l n	l n e
l w	p	