

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 011 470**

51 Int. Cl.:

G06V 10/44 (2012.01)

G06V 10/46 (2012.01)

G06V 40/16 (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.10.2018** **PCT/EP2018/078518**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.04.2019** **WO19077026**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.10.2018** **E 18785974 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.01.2025** **EP 3698274**

54 Título: **Procedimiento de cálculo de un descriptor general de una imagen**

30 Prioridad:

19.10.2017 FR 1759814

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

07.04.2025

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ENERGIE ATOMIQUE ET
AUX ENERGIES ALTERNATIVES (100.00%)
25 Rue Leblanc, Bat Le Ponant
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**BOUSEFSAF, FRÉDÉRIC;
MICHEL, RÉMI y
TAMAAZOUSTI, MOHAMED**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 3 011 470 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de cálculo de un descriptor general de una imagen

5 La presente invención se refiere al campo de la extracción y del análisis de patrones o características visuales en una imagen, una parte de una imagen o una secuencia de varias imágenes. La invención se refiere en concreto al campo de la visión por ordenador y hace referencia más específicamente a un procedimiento de cálculo de un descriptor global de una imagen.

10 Un descriptor global de una imagen tiene como función caracterizar la información contenida en la imagen, por ejemplo, las propiedades generales de la escena de la imagen. Puede estar constituido por descriptores locales correspondientes cada uno a un píxel de la imagen entre todos los píxeles de la imagen, por una parte de la imagen o por un conjunto de puntos de interés de la imagen.

15 La elaboración de descriptores de imagen se utiliza habitualmente en el campo de la visión por ordenador, en concreto para aplicaciones de reconocimiento de objetos (de rostros por ejemplo), de clasificación o de análisis de contenido.

La invención es aplicable a cualquier tipo de imagen digital y, en particular, a imágenes multispectrales en las que cada píxel incluye varios componentes con diferentes longitudes de onda. La invención también es aplicable a las
20 imágenes de tres componentes denominadas RGB.

En la literatura están disponibles numerosos métodos de cálculo de descriptores. Se puede mencionar en concreto el descriptor SURF "Speeded Up Robust Features" descrito en la solicitud de patente europea EP 1850270, el descriptor SIFT "Scale Invariant Feature Transform" descrito en la patente estadounidense US6711293 o incluso el descriptor
25 LBP "Local Binary Patterns" descrito en concreto en la referencia [1].

Los documentos "Computer Vision using Local Binary Patterns, Matti Pietikainen et al", "Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns, Ojala T et al" y "Rotation-invariant texture classification using feature distributions", 2000 describen variantes del descriptor LBP.

30 La figura 1 esquematiza el principio del método de cálculo de un descriptor LBP según el estado de la técnica. Un descriptor local se calcula para cada píxel de la imagen o de una parte de la imagen. La primera etapa del método consiste en definir una vecindad V alrededor del píxel, por ejemplo, un bloque de 3x3 píxeles alrededor de un píxel central P. Los ocho píxeles que rodean al píxel central P_0 forman un bucle que es recorrido en un sentido elegido por convención. Cada píxel del bucle se compara con el píxel central y se le asigna respectivamente el signo "=", "-", o "+"
35 dependiendo de si su valor es igual, inferior o superior al del píxel central. Este resultado se codifica entonces asignando el valor 0 al signo "-" y el valor 1 a los signos "=" y "+". A continuación, este resultado se multiplica por una matriz de ponderación M que incluye, para cada píxel recorrido en el orden inicialmente elegido, una potencia de dos incrementada por cada nuevo píxel. El resultado de esta multiplicación da el descriptor local del píxel central P_0 que equivale a 241 en el ejemplo de la figura 1.

40 De forma general, el método de cálculo del descriptor LBP no permite caracterizar los cambios de intensidad entre las imágenes correspondientes de una escena, obtenidas con diferentes tiempos de exposición. Si todos los píxeles de una vecindad tienen una intensidad reducida de un mismo factor, el descriptor local calculado para esta vecindad será siempre el mismo.

45 La invención propone un procedimiento de cálculo de un descriptor global de una imagen o de una parte de imagen que permite obtener un descriptor espacial y espectral conjuntamente a diferencia del método LBP que sólo puede aplicarse a una sola longitud de onda a la vez, de manera independiente. La invención es aplicable a imágenes multispectrales, en concreto imágenes RGB o imágenes hiperespectrales que incluyen varias longitudes de onda que van de tres canales a varios centenares. Permite calcular un único descriptor para todo el rango espectral disponible
50 de la imagen y se diferencia de los métodos de la técnica anterior que aplican en general un tratamiento separado e independiente para cada longitud de onda. Asimismo, la invención permite generar una base de descriptores exhaustiva que comprende todos los patrones que pueden ser extraídos de una imagen.

55 La invención tiene por objeto un procedimiento como se describe en la reivindicación 1.

Según un aspecto particular de la invención, la etapa de simular una segunda imagen se realiza reduciendo la intensidad de los píxeles de la primera imagen en un factor igual a la relación entre el primer tiempo de exposición y
60 el segundo tiempo de exposición.

Según un aspecto particular de la invención, al menos una parte de la primera imagen adquirida está compuesta por píxeles cuyos valores son todos diferentes entre sí.

65 Según un modo de realización particular, el procedimiento según la invención comprende una etapa de generación de la primera imagen adquirida a partir de una imagen multispectral seleccionando el número mínimo de componentes espectrales de la imagen necesario para garantizar que al menos una parte de la primera imagen adquirida está

compuesta por píxeles cuyos valores sean todos diferentes entre sí.

Según un modo de realización particular, el procedimiento según la invención comprende una etapa de visualización de los descriptores globales calculados en función del segundo tiempo de exposición.

5 Según un modo de realización particular, el procedimiento según la invención comprende un cálculo de entropía de los descriptores locales para cada descriptor global calculado y la selección de al menos un descriptor global de al menos una imagen a describir en función de las entropías calculadas.

10 Según un modo de realización particular, el procedimiento según la invención comprende la selección del descriptor global cuya entropía calculada es la más elevada.

Según un aspecto particular de la invención, la clase de equivalencia es una clase de cadenas de etiquetas invariantes por rotación.

15 Según un aspecto particular de la invención, la clase de equivalencia es una clase de cadenas de etiquetas que además es invariante por permutación de los valores de etiquetas.

20 Según un aspecto particular de la invención, la clase de equivalencia es una clase de cadenas de etiquetas que además es invariante por simetría.

Según un aspecto particular de la invención, una imagen a describir es una imagen multiespectral en la que cada píxel incluye varios componentes con diferentes longitudes de onda.

25 La invención todavía tiene por objeto un programa informático que incluye instrucciones para la ejecución del procedimiento de cálculo de un descriptor global según la invención, cuando el programa es ejecutado por un procesador y un soporte de registro legible por un procesador en el que está registrado un programa que incluye instrucciones para la ejecución del procedimiento de cálculo de un descriptor global según la invención, cuando el programa es ejecutado por un procesador.

30 Otras características y ventajas de la presente invención aparecerán mejor a la lectura de la descripción que sigue en relación con los dibujos adjuntos que representan:

- 35 - La figura 1, un esquema que ilustra un ejemplo de cálculo de descriptor local según un método de la técnica anterior,
- La figura 2, un diagrama de flujo que describe las etapas de implementación de un procedimiento según un primer modo de realización de la invención,
- La figura 3, un esquema que ilustra un ejemplo de cálculo de descriptor según el primer modo de realización de la invención,
- 40 - La figura 4, un esquema que representa todos los collares no etiquetados de longitud igual a 4 y en un alfabeto de 4 elementos,
- La figura 5, un diagrama de flujo que describe las etapas de implementación de un procedimiento según un segundo modo de realización de la invención,
- La figura 6, un ejemplo de histograma tridimensional producido por el procedimiento según el segundo modo de realización de la invención,
- 45 - La figura 7, un ejemplo de descriptores globales representados en forma de secuencia de imágenes para diferentes tiempos de exposición,
- La figura 8, un diagrama de flujo que describe las etapas de implementación de un procedimiento según un tercer modo de realización de la invención,
- 50 - La figura 9 representa, en tres diagramas, un ejemplo del resultado del procedimiento descrito en la figura 8,
- La figura 10, varias representaciones de una misma imagen con un cálculo de descriptores según la técnica anterior, por un lado, y un cálculo de descriptores según el segundo modo de realización de la invención, por otro lado.

55 Las figuras 2 y 3 ilustran, respectivamente en un diagrama de flujo y un esquema, las etapas de implementación de un procedimiento de cálculo de un descriptor global de una imagen I o parte de imagen según un primer modo de realización de la invención.

60 Un descriptor global se compone de una pluralidad de descriptores locales asociados cada uno a un píxel de la imagen I o de una zona de la imagen que se desea describir. La figura 3 ilustra el cálculo de un descriptor local para un píxel P. La imagen I considerada puede ser una imagen multiespectral, hiperespectral o una imagen con un único componente espectral (imagen en escala de grises). De forma general, cada píxel de la imagen está representado por un vector con N componentes espectrales correspondientes a N longitudes de ondas diferentes, N siendo un número entero al menos igual a uno.

65 En una primera etapa 201 se selecciona una vecindad V del píxel P. Una vecindad está constituida por varios píxeles

que rodean el píxel P. El píxel P puede estar comprendido en la vecindad o estar excluido. En la figura 3, se ha representado un ejemplo particular de vecindad V que es igual a un bucle de 8 píxeles que rodea el píxel P. Alternativamente, la vecindad V puede ser igual a un patrón cuadrado de 2 píxeles por 2 píxeles, que comprende el píxel P o incluso a un patrón rectangular de 3 píxeles por 2 píxeles, que comprende el píxel P o cualquier otro patrón de píxeles vecinos del píxel P. En el ejemplo de la figura 3, la vecindad V está compuesta por los píxeles P_0 a P_7 .

En una segunda etapa 202 del procedimiento, se determina una etiqueta o marcador para cada píxel de la vecindad V en función del valor del píxel. Cuando la imagen es monocromática, el valor de un píxel es un número entero. Cuando la imagen es multiespectral, el valor de un píxel es un vector con varios componentes. Se asigna una etiqueta idéntica a los píxeles que presentan exactamente los mismos valores. Se asigna una etiqueta diferente a los píxeles que presentan valores diferentes. Una etiqueta es un valor numérico, por ejemplo tomado del conjunto de números enteros $\{0, \dots, M_P\}$ donde M_P es el número de píxeles en la vecindad V. Cuando la imagen I es una imagen multiespectral, la comparación de los valores de los píxeles se lleva a cabo en todos los componentes de un píxel. Dicho de otra manera, una etiqueta idéntica se asigna a los píxeles que presentan entre sí los mismos valores para cada componente espectral.

En el ejemplo de la figura 3, los píxeles P_0 y P_1 tienen el mismo valor, se les asigna la etiqueta 0. Los píxeles P_2 y P_4 tienen el mismo valor, se les asigna la etiqueta 1. El píxel P_3 tiene un valor diferente a todos los demás píxeles, se le asigna la etiqueta 2. Los píxeles P_5, P_6, P_7 tienen el mismo valor, se les asigna la etiqueta 3. Las etiquetas 0,1,2,3 corresponden así a cuatro valores diferentes de píxeles.

Al final de la etapa 202, se obtiene por tanto una cadena de etiquetas E correspondiente a una serie de números. En el ejemplo de la figura 3, la cadena E es igual a $\{0; 0; 1; 2; 1; 3; 3; 3\}$, considerando el píxel P_0 como el primer elemento de la cadena, siendo esta elección realizada por convención. Cualquier píxel de la vecindad V puede ser tomado como primer elemento de la cadena E, en la medida en que esta convención se mantenga para todos los píxeles de la imagen I.

La última etapa 203 del procedimiento consiste en asignar un identificador a la cadena de etiquetas E, siendo este identificador el descriptor local del píxel P. En otras palabras, se trata de identificar la cadena de etiquetas E con uno de los patrones de la base de patrones.

Para ello, se utiliza una herramienta matemática combinatoria llamada collar o "necklace" en inglés. El documento [2] describe el principio de esta herramienta matemática. Un collar de k perlas de longitud n es una clase de equivalencia matemática de series de n símbolos en un alfabeto de tamaño k, con k inferior o igual a n, invariante por rotación. Dicho de otra manera, un collar es una clase de equivalencia que comprende varios representantes que son todos obtenidos por rotación entre sí.

Una pulsera es un collar particular, también denominado collar libre o collar reversible. Corresponde a una clase de equivalencia bajo las tres operaciones de rotación (o desplazamiento circular), de simetría (o inversión) y de permutación.

Un collar sin etiqueta es otro collar particular. Corresponde a una clase de equivalencia bajo las dos operaciones de rotación (o desplazamiento circular) y de permutación.

Una permutación es una aplicación biyectiva de un subconjunto s a un conjunto S global que incluye el subconjunto s.

Dicho de otra manera, en el caso de un collar de k perlas de longitud n, una permutación aplicada a un primer representante del collar para obtener un segundo representante del collar consiste en permutar los valores de los símbolos del primer representante sobre el alfabeto de k símbolos utilizado. Por ejemplo, si se aplica una permutación al alfabeto $\{0; 1; 2; 3\}$ para obtener $\{3; 0; 1; 2\}$, los símbolos "0" del primer representante se sustituyen por los símbolos "3" del segundo representante y así sucesivamente.

Una definición de un collar sin etiqueta es, por ejemplo, dada en el documento [3], apartado 1.1, por ejemplo mediante la ecuación (2).

En lo sucesivo, la invención se describe utilizando como clase de equivalencia, los collares sin etiqueta. Sin embargo, la invención se aplica de forma idéntica utilizando como clase de equivalencia los collares simples, las pulseras o cualquier otra clase de equivalencia que comprende varios representantes obtenidos por una transformación matemática entre sí.

La figura 4 representa, como ilustración, todos los collares sin etiqueta posibles para $n=k=4$. Un collar sin etiqueta es una clase de equivalencia que comprende varios representantes. En la figura 4, se ilustra, para cada collar sin etiqueta, uno de sus representantes. Se obtiene 7 collares sin etiqueta diferentes posibles invariantes por rotación y por permutación de las etiquetas. Por ejemplo, el collar sin etiqueta 0 comprende el representante $\{0; 0; 0; 0\}$ ilustrado en la figura 4 pero también los representantes $\{1; 1; 1; 1\}$, $\{2; 2; 2; 2\}$, $\{3; 3; 3; 3\}$. De igual modo, el collar sin etiqueta 6 comprende el representante $\{0; 1; 2; 3\}$ ilustrado en la figura 4 pero también, de manera no exhaustiva, los

representantes {1; 2; 3; 0}, {2; 3; 0; 1}, {3; 0; 1; 2}.

Se puede, de forma similar, determinar los collares sin etiqueta posibles para $n=k=6$ o $n=k=8$ o cualquier otro valor del tamaño de vecindad V .

El descriptor local se considera igual al identificador de un representante de la clase de equivalencia, que es en este caso un collar sin etiqueta, a la que pertenece la cadena de etiquetas E de la vecindad V . Por ejemplo, el identificador de un representante es igual a un número obtenido a partir de la cadena de etiquetas del representante. Por ejemplo, el representante elegido es el que da el identificador más pequeño.

En la figura 3, se representa un primer representante E_1 del collar sin etiqueta al que pertenece la cadena de etiquetas E , este primer representante siendo obtenido por desplazamiento circular de dos valores. A continuación se representa el representante E_0 elegido para identificar el collar sin etiqueta y que se obtiene por permutación de las etiquetas del primer representante E_1 . La permutación aplicada consiste en transformar el alfabeto {3; 0; 1; 2} en el alfabeto {0; 1; 2; 3}.

El identificador del representante E_0 es $Id=00011232$. Acto seguido, el identificador Id se transforma en un descriptor local $DL=84$ que es el rango del collar sin etiqueta entre el conjunto de los collares posibles. El conjunto de los collares posibles se clasifica en un orden predeterminado, por ejemplo un orden lexicográfico o cualquier otro orden.

Las etapas 201, 202, 203 se iteran para todos los píxeles de la imagen I o de la zona de la imagen I a representar.

Cuando se recorren todos los píxeles, se obtiene un descriptor global de la imagen I o zona de la imagen I que corresponde a la concatenación de todos los descriptores locales calculados. Este descriptor global puede representarse en forma de una imagen DG en la que píxel es igual al descriptor local calculado. Alternativamente, el descriptor global puede ser un histograma de los valores calculados de los descriptores locales.

Como se ha indicado, el procedimiento descrito en las figuras 2 y 3 se aplica de forma idéntica sustituyendo la clase de equivalencia de tipo collar sin etiqueta por una clase de equivalencia de tipo collar simple, pulsera u otra clase equivalente conocida por el experto en la materia.

Una clase de equivalencia de tipo collar simple comprende todas las cadenas de etiquetas invariantes por desplazamiento circular. Por ejemplo, para tal clase, la cadena {0; 0; 1; 2} es equivalente a la cadena {2; 0; 0; 1}.

Una clase de equivalencia de tipo pulsera comprende todas las cadenas de etiquetas invariantes por desplazamiento circular, simetría y permutación de las etiquetas. Por ejemplo, para tal clase, la cadena {0; 0; 1; 2} es equivalente a la cadena {0; 1; 2; 2} obtenida por permutación de etiquetas de la cadena {2; 1; 0; 0}.

Otro ejemplo viene dado por las cadenas {0; 0; 1; 0; 1; 2} y {0; 0; 1; 2; 0; 2} que pertenecen a dos collares sin etiqueta diferentes pero a la misma pulsera. En efecto, si se escribe la cadena {0; 0; 1; 0; 1; 2} al revés (de derecha a izquierda), se obtiene la cadena {2; 1; 0; 1; 0; 0} a la que se puede aplicar una rotación para obtener la cadena {0; 0; 2; 1; 0; 1} después de una permutación de las etiquetas para obtener la cadena {0; 0; 1; 2; 0; 2}.

El cálculo de un descriptor según el procedimiento descrito en la figura 2 permite en concreto caracterizar los cambios de intensidad en comparación con el procedimiento LBP.

En efecto, como se indica en el preámbulo, el método LBP no tiene en cuenta los cambios de intensidad en una imagen. Dicho de otra manera, si todos los píxeles de una vecindad se dividen por el mismo valor, las comparaciones entre los píxeles de la vecindad y el píxel central no cambian, por lo que el descriptor calculado tampoco cambia.

Este inconveniente puede ilustrarse con el ejemplo de la figura 1. Si, por ejemplo, todos los píxeles se dividen por un factor de 10, los signos "=", "<" o ">" asignados a cada píxel de la vecindad no cambian porque los resultados de las comparaciones entre estos píxeles y el píxel central son siempre los mismos.

A la inversa, tomando los valores de los píxeles dados en la figura 1 y aplicándoles el procedimiento según la invención que se describe en la figura 2, las etiquetas de los píxeles de la vecindad tienen todos valores diferentes {0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7} ya que todos los píxeles de la vecindad tienen valores diferentes {90; 3; 7; 8; 180; 140; 120; 130}.

Si todos los píxeles se dividen por un factor de 10, sus valores pasan a ser respectivamente {9; 0; 0; 0; 18; 14; 12; 13} y las etiquetas de los píxeles pasan a ser {0; 1; 1; 1; 2; 3; 4}. Así, el valor del descriptor calculado para una vecindad afectada por un cambio de intensidad global de un factor de 10 es diferente al del descriptor calculado antes de este cambio de intensidad.

Por tanto, la invención permite tener mejor en cuenta este tipo de cambio de intensidad en comparación con el método LBP.

Un objetivo de cálculo de un descriptor, según la invención, es poder caracterizar el contenido de una imagen, en particular la textura, los contornos o cualquier información contenida en la imagen con el objetivo de permitir una clasificación del contenido.

Puede observarse que la información proporcionada por el descriptor depende de la distribución de los valores de los píxeles de la imagen. Por ejemplo, si todos los píxeles de una imagen tienen el mismo valor, todos los descriptores locales tendrán igualmente el mismo valor. A la inversa, si todos los píxeles de una imagen tienen valores diferentes, todos los descriptores locales tendrán igualmente el mismo valor ya que el cálculo de un descriptor local depende de las diferencias entre los píxeles de una vecindad.

Por tanto, se observa que la cantidad de información máxima proporcionada por el descriptor se obtiene para una imagen intermedia entre una imagen en la que todos los píxeles son idénticos y una imagen en la que todos los píxeles son diferentes.

Dado que los valores de los píxeles y de sus diferencias dependen del tiempo de exposición, el descriptor local o patrón extraído dependen igualmente; en este caso, nos interesa la variación local del patrón a lo largo del tiempo de exposición.

A partir de esta constatación, se propone un segundo modo de realización de la invención ilustrado por el diagrama de flujo de la figura 5.

En este segundo modo, se simula una variación del tiempo de pose o duración de exposición, de la imagen I, con diferentes valores temporales, después se calcula un descriptor global de cada una de las imágenes obtenidas, según el método descrito en las figuras 2 y 3.

El análisis de patrones del contenido de una imagen depende en gran medida de la dinámica utilizada para digitalizar los píxeles, dicho de otro modo, el número de bits por píxeles, pero también del número de canales en el caso de una imagen multispectral. Asimismo, depende igualmente de la duración de exposición de la imagen cuando se tomó. En efecto, los contornos de los objetos y las formas presentes de la escena aparecen progresivamente en función de la duración de exposición, en el momento de la toma. De la misma manera, los patrones que pueden extraerse de una imagen a partir de los descriptores calculados según la invención, varían igualmente en función de la duración de exposición de la imagen durante su adquisición.

Partiendo de esta constatación, se propone, a partir de una imagen I adquirida con un tiempo de exposición dado T, simular la misma imagen que se habría obtenido con un tiempo de exposición inferior.

Se introduce así una etapa adicional 204 que consiste en generar una segunda imagen I_t , mediante simulando de la adquisición de la misma escena que la imagen original I, pero para un tiempo de exposición t inferior al tiempo de exposición T inicial.

Se calcula un descriptor global para cada una de las imágenes I_t simuladas, según el método descrito en la figura 2. El tiempo de exposición t varía entre 0 y el tiempo de exposición T inicial.

Se pueden prever diferentes métodos para simular una imagen I_t con un tiempo de exposición inferior al tiempo de exposición T real. Por ejemplo, se puede utilizar un modelo lineal de cuantificación para calcular el valor P_t de cada píxel de la nueva imagen I_t a partir del valor P del píxel correspondiente de la imagen adquirida I utilizando la relación: $P_t = \lfloor (t/T) \cdot P \rfloor$, donde $\lfloor \cdot \rfloor$ indica la función parte entera.

De manera más general, el modelo de simulación puede ser de cualquier tipo, puede ser lineal o no lineal y se basa en un modelado del generador de imágenes utilizado para la toma de la imagen I que permite restituir la imagen con diferentes tiempos de exposición.

El número de imágenes simuladas es un parámetro de la invención. Los valores de los tiempos de exposición se eligen para que sigan una distribución predeterminada en el intervalo [0; T]. Por ejemplo, la distribución puede ser una distribución $T^*(i/j)$ con i y j dos números enteros primos entre sí, siendo i estrictamente inferior a j. Esta distribución presenta la ventaja de comprender todos los valores posibles de tiempo de exposición entre 0 y T y así permitir una detección de todos los cambios de intensidad en función del tiempo de exposición. Esta distribución proporciona la versión más detallada posible de la variación en el tiempo de un descriptor local.

Para limitar el número de imágenes a simular, la distribución elegida puede ser una distribución en T/i , con i variando de 1 a un valor máximo I. Tal distribución es adecuada para las estadísticas de las intensidades de los píxeles de una imagen, en particular para la distribución de la intensidad de las escenas naturales.

Al final de la ejecución del procedimiento descrito en la figura 5, se obtiene un descriptor global para cada tiempo de exposición simulado.

El resultado del procedimiento puede producirse 205 en forma de una secuencia de imágenes o una secuencia de

vídeo que comprende un descriptor global, representado en forma de una imagen, que evoluciona en función del tiempo entre 0 y el tiempo de exposición T de la imagen I.

El resultado del procedimiento también puede producirse 205 en forma de un histograma tridimensional, cuya primera dimensión corresponde a las diferentes clases de equivalencias posibles (según la vecindad y el tipo de clase elegido para calcular un descriptor local), la segunda dimensión es el tiempo de exposición y la tercera dimensión es la intensidad de la densidad de los descriptores locales que puede expresarse como la probabilidad u ocurrencia de aparición de cada clase de equivalencia entre los descriptores locales calculados.

La figura 6 ilustra un ejemplo de histograma tridimensional, para un ejemplo de imagen particular y para descriptores calculados a partir de collares sin etiqueta de tamaño $n=k=6$.

La figura 7 ilustra, para una imagen particular, un ejemplo de secuencia de descriptores globales representados en forma de imágenes para diferentes tiempos de exposición. Una imagen incluye, para cada píxel, el descriptor local asociado que tiene un valor numérico comprendido entre 0 y el número máximo de clases de equivalencias posibles.

El resultado producido por el procedimiento según la invención puede reproducirse visualizándose en una pantalla o en cualquier interfaz hombre-máquina.

Para aprovechar al máximo la dinámica y el espectro de la imagen, la imagen correspondiente al tiempo de exposición máximo simulado debe ser una imagen que comprende píxeles de todos los valores diferentes con un número mínimo de bits por píxeles y un número de canales mínimo. Dicho de otra manera, la imagen correspondiente al tiempo de adquisición efectivo T_{pose} se adquiere de forma que todos sus espectros difieren significativamente con respecto a un modelo estándar de ruido. Esto da lugar a la elección de un número de canales espectrales y a una sensibilidad fotométrica mínima. La invención igualmente es adecuada para imágenes que presentan una menor variabilidad de los píxeles en el tiempo de adquisición T_{pose} , pero entonces da lugar a una descripción menos detallada de la escena. Es el caso, por ejemplo, de las imágenes RGB, que presenta típicamente el mismo color varias veces en varios lugares.

De este modo, en una variante de realización de la invención, se determina 206, a partir de la imagen I adquirida inicialmente, otra imagen que corresponde al tiempo de adquisición efectivo o al tiempo de pose efectivo T_{pose} .

Para ello, la imagen I se reduce a una dinámica predeterminada, por ejemplo 256 bits por píxel y con un solo canal. Acto seguido, se aumenta progresivamente el número de canales espectrales hasta obtener una imagen multiespectral para la que todos los píxeles son diferentes. Alternativamente, esta condición puede limitarse a las vecindades de cada píxel de la imagen. En esta alternativa, se aumenta el número de canales espectrales hasta obtener una imagen para la que todos los píxeles son diferentes en cada vecindad de un píxel.

En otra variante, la dinámica de los píxeles puede ser diferente para diferentes canales espectrales. En aún otra variante, la dinámica, es decir, el número de bits por píxel puede ser fijo para el conjunto de los canales, el número de bits por canal disminuyendo así a medida que aumenta el número de canales.

Una vez adquirida la imagen correspondiente al tiempo efectivo de pose T_{pose} , se simula la imagen para un tiempo T inferior a T_{pose} , teniendo en cuenta las características conocidas del sensor de imagen, según el procedimiento descrito en la figura 5.

La figura 8 esquematiza, en un organigrama, una variante de realización de la invención. En esta variante, el procedimiento descrito en la figura 5 se reproduce de forma idéntica y luego se añade una etapa adicional 207 de cálculo de la entropía de cada descriptor global. La entropía de Shannon $H(t)$ de la densidad de las intensidades de los descriptores locales puede calcularse mediante la siguiente relación: $H(t) = -\sum_{k=1}^{N_{ce}} p(k, t) \log[p(k, t)]$, con $p(k, t)$ la densidad de estado de los descriptores locales, k variando 1 a N_{ce} donde N_{ce} es el número de clases de equivalencia diferentes.

La figura 9 representa, en tres diagramas, las entropías en función del tiempo de exposición reducido al tiempo de exposición máximo normalizado (t varía entre 0 y 1). Los tres diagramas se corresponden respectivamente, de arriba a abajo, a clases de equivalencias de tipo collar sin etiqueta de parámetros respectivos $n=k=4$; $n=k=6$ y $n=k=8$. En cada diagrama, se representa cuatro curvas de entropía calculadas respectivamente para la resolución original de la imagen, y luego para resoluciones reducidas en un factor de 2, 4 y 8, respectivamente. Los máximos de cada curva se identifican con un punto.

Cabe observar que la entropía presenta un máximo relativamente estable en función de la resolución y del tamaño del collar sin etiqueta. Por lo tanto, se observa que existe un tiempo de exposición óptimo para el que la entropía de las densidades de los descriptores locales es máxima. Se puede deducir que el descriptor global asociado a este tiempo de exposición óptimo es el que incluye más información sobre el contenido de la imagen inicial. También cabe observar que el valor de la entropía máxima aumenta con el tamaño del collar sin etiqueta.

En una última etapa 208 del procedimiento descrito en la figura 8, se selecciona el descriptor global correspondiente

al tiempo de exposición óptimo para el que la entropía de los descriptores locales es máxima.

La figura 10 ilustra una comparación de los resultados obtenidos con, por una parte, un cálculo de descriptores según el método LBP de la técnica anterior (imagen 101) y, por otra parte, un cálculo de descriptores según la invención (imágenes 110-160), para un ejemplo de imagen.

La imagen 100 representada en la figura 10 es la imagen original.

La imagen 101 es la imagen compuesta por los descriptores locales calculados para cada píxel de la imagen 100 aplicando el método LBP. Las imágenes 110-160 se componen de descriptores locales calculados para cada píxel de la imagen 100 aplicando la invención y variando el tiempo de pose con los valores indicados debajo de las imágenes 110-160.

Una aplicación posible del cálculo de descriptores de la imagen 100 consiste en analizar los descriptores para segmentar y clasificar determinadas zonas de la imagen y permitir así un reconocimiento automático de determinadas zonas de la imagen. En el ejemplo de la figura 10, la imagen original 100 es una imagen de un rostro. En este ejemplo, se intenta segmentar los elementos del rostro, es decir, los ojos, las fosas nasales, las orejas y el cabello, en concreto. Esta segmentación permite entonces efectuar un reconocimiento automático del rostro de la imagen 100, a partir de los descriptores calculados.

En la imagen 101, obtenida aplicando el método LBP, cabe observar que la información relativa a los diferentes rasgos del rostro se mezcla. Además, algunos elementos del rostro no se pueden segmentar, por ejemplo, las fosas nasales, ya que los descriptores calculados para estos elementos están demasiado cerca de los descriptores calculados para otras partes del rostro. Esto se debe, en concreto, al hecho de que el método LBP no permite seleccionar un tiempo de pose óptimo para obtener un nivel de información máximo para los descriptores calculados.

A la inversa, el método según la invención permite generar varios descriptores 110-160 para diferentes tiempos de exposición. Gracias a este aspecto de la invención, se puede seleccionar un tiempo de pose óptimo en función de la información que se intenta clasificar en la imagen. Asimismo, la invención también permite gestionar conjuntamente los diferentes canales espectrales de la imagen, lo que favorece una mejor segmentación de los detalles de la imagen.

De este modo, cabe señalar, por ejemplo, que el descriptor representado por la imagen 140 permite una mejor segmentación de las fosas nasales que el descriptor representado por la imagen 101.

Sin salir del ámbito de la invención, son factibles numerosas aplicaciones para analizar automáticamente las características de una imagen, a partir de los descriptores calculados. Por ejemplo, es posible comparar dos imágenes comparando los histogramas de los descriptores calculados para cada una de las dos imágenes.

El procedimiento según la invención puede implementarse como un programa informático, siendo el procedimiento aplicado a una imagen I previamente adquirida mediante un sensor de imagen, por ejemplo, una cámara de fotos, una cámara o una cámara multiespectral.

La invención puede implementarse como un programa informático que incluye instrucciones para su ejecución. El programa informático puede registrarse en un soporte de registro legible por un procesador. La referencia a un programa informático que, cuando se ejecuta, lleva a cabo una cualquiera de las funciones descritas anteriormente, no se limita a un programa de aplicación que se ejecuta en un único ordenador anfitrión. Al contrario, los términos programa informático y software se utilizan en el presente documento en un sentido general para referirse a cualquier tipo de código informático (por ejemplo, un software de la aplicación, un firmware, un microcódigo, o cualquier otra forma de instrucción informática) que se puede usar para programar uno o más procesadores para implementar aspectos de las técnicas descritas en el presente documento. Los medios o recursos informáticos pueden, en concreto, estar distribuidos ("*Cloud computing*"), posiblemente según las tecnologías entre pares. El código de software se puede ejecutar en cualquier procesador adecuado (por ejemplo, un microprocesador) o núcleo de procesador o en un conjunto de procesadores, tanto si se han proporcionado en un único dispositivo de cálculo como si están distribuidos entre varios dispositivos de cálculo (por ejemplo, tales como los que sean eventualmente accesible en el entorno del dispositivo). El código ejecutable de cada programa que permite al dispositivo programable implementar los procesos según la invención, puede almacenarse, por ejemplo, en el disco duro o en la memoria de sólo lectura. De manera general, el o los programas pueden cargarse en uno de los medios de almacenamiento del dispositivo antes de ser ejecutados. La unidad central puede controlar y dirigir la ejecución de las instrucciones o porciones de código de software del o de los programas según la invención, instrucciones que son almacenadas en el disco duro o en la memoria de sólo lectura o bien en los demás elementos de almacenamiento mencionados anteriormente.

Los resultados del procedimiento según la invención pueden visualizarse en una pantalla o en cualquier otra interfaz hombre-máquina.

Referencias

- 5 [1] M. Pietikäinen, A. Hadid, G. Zhao, y T. Ahonen, Local binary patterns for still images, Springer, 2011.
- [2] Jean-Philippe Gagnon, "Colliers et bracelets dont les perles important peu", Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad Laval de Quebec.
- [3] Cattell, K., Ruskey, F., Sawada, J., Miers, C. R., & Serra, M. (1998). "Generating Unlabeled Necklaces and Irreducible Polynomials over GF (2)". Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de Victoria, Canadá.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento, implementado por ordenador, de cálculo de un descriptor global (DG) de al menos una parte de una imagen a describir (I), comprendiendo el descriptor global (DG) un descriptor local (DL) asociado a cada píxel de la al menos una parte de imagen a describir, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
 - Obtener (206) una primera imagen adquirida con un primer tiempo de exposición,
 - Simular (204) al menos una segunda imagen resultante de una toma de la primera imagen con al menos un segundo tiempo de exposición inferior al primer tiempo de exposición,
 - Calcular un descriptor global para al menos una parte de una imagen a describir tomada entre la primera imagen adquirida y la al menos una segunda imagen simulada, comprendiendo el procedimiento el cálculo de todos los descriptores locales del descriptor global al:
 - i. Definir (201) una vecindad del píxel que se asocia al descriptor local,
 - ii. Atribuir (202) una etiqueta a cada píxel de la vecindad, dos píxeles con valores diferentes teniendo dos etiquetas diferentes, dos píxeles con valores idénticos teniendo la misma etiqueta, el conjunto de etiquetas de la vecindad formando un patrón (E),
 - iii. Asignar (203) el valor del descriptor local a un representante de una clase de equivalencia a la que pertenece el patrón (E),
 - variar el segundo tiempo de exposición entre el primer tiempo de exposición y cero e iterar las etapas de simular al menos una segunda imagen y calcular un descriptor global.
2. Procedimiento de cálculo de un descriptor global según la reivindicación 1, en el que la etapa de simular (204) una segunda imagen se realiza al disminuir la intensidad de los píxeles de la primera imagen en un factor igual a la relación entre el primer tiempo de exposición y el segundo tiempo de exposición.
3. Procedimiento de cálculo de un descriptor global según una de las reivindicaciones 1 o 2, en el que al menos una parte de la primera imagen adquirida está compuesta por píxeles cuyos valores son todos diferentes entre sí.
4. Procedimiento de cálculo de un descriptor global según la reivindicación 3, que comprende una etapa de generación (206) de la primera imagen adquirida a partir de una imagen multiespectral al seleccionar el número mínimo de componentes espectrales de la imagen que se necesita para garantizar que al menos una parte de la primera imagen adquirida está compuesta por píxeles cuyos valores son todos diferentes entre sí.
5. Procedimiento de cálculo de un descriptor global según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una etapa de visualización (205) de los descriptores globales calculados en función del segundo tiempo de exposición.
6. Procedimiento de cálculo de un descriptor global según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un cálculo de entropía (207) de los descriptores locales para cada descriptor global calculado y la selección (208) de al menos un descriptor global de al menos una imagen a describir en función de las entropías calculadas.
7. Procedimiento de cálculo de un descriptor global según la reivindicación 6, que comprende la selección (208) del descriptor global cuya entropía calculada es la más elevada.
8. Procedimiento de cálculo de un descriptor global según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la clase de equivalencia es una clase de cadenas de etiquetas invariantes por rotación.
9. Procedimiento de cálculo de un descriptor global según la reivindicación 8, en el que la clase de equivalencia es una clase de cadenas de etiquetas que es además invariante por permutación de valores de etiquetas.
10. Procedimiento de cálculo de un descriptor global según una de las reivindicaciones 8 o 9, en el que la clase de equivalencia es una clase de cadenas de etiquetas que es además invariante por simetría.
11. Procedimiento de cálculo de un descriptor global según una de las reivindicaciones anteriores, en el que una imagen a describir es una imagen multiespectral, cada píxel de la cual incluye varios componentes con diferentes longitudes de ondas.
12. Programa informático que incluye instrucciones para la ejecución del procedimiento de cálculo de un descriptor global según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, cuando el programa es ejecutado por un procesador.
13. Soporte de registro legible por un procesador en el que está registrado un programa que incluye instrucciones para la ejecución del procedimiento de cálculo de un descriptor global según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, cuando el programa es ejecutado por un procesador.

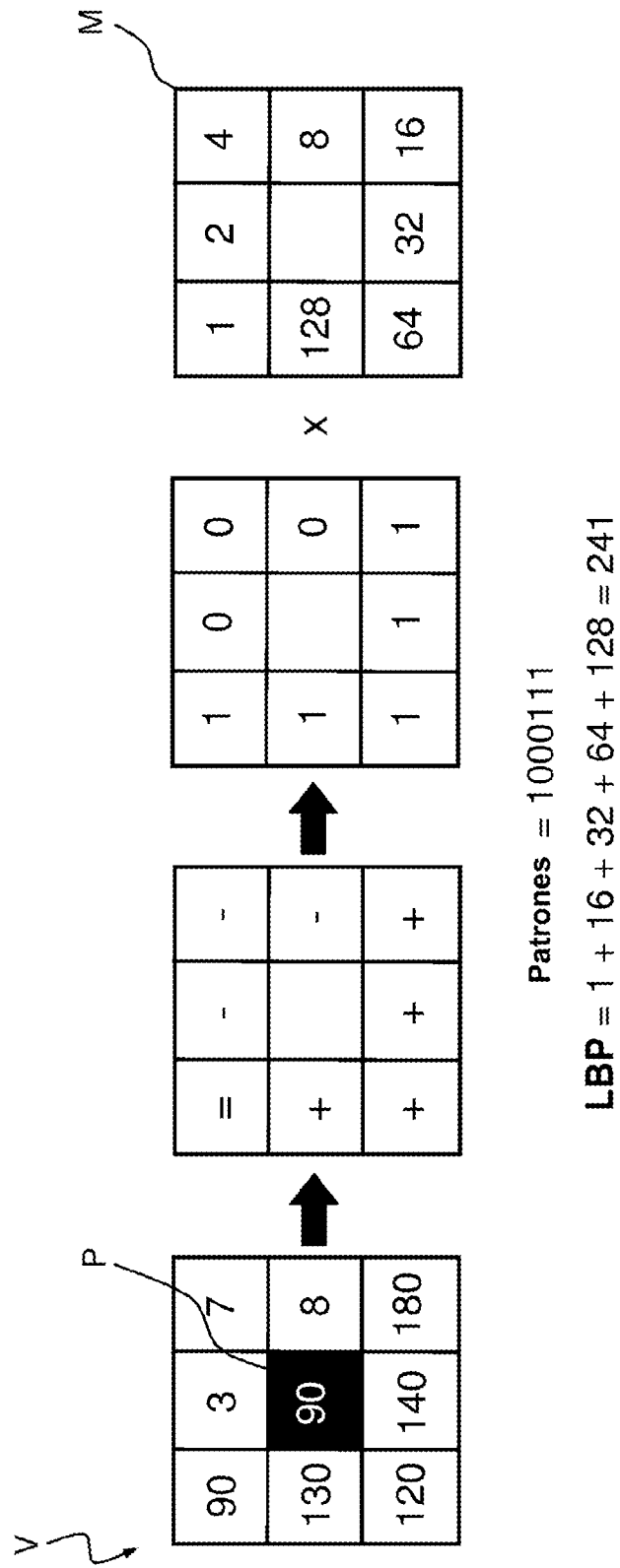


FIG.1

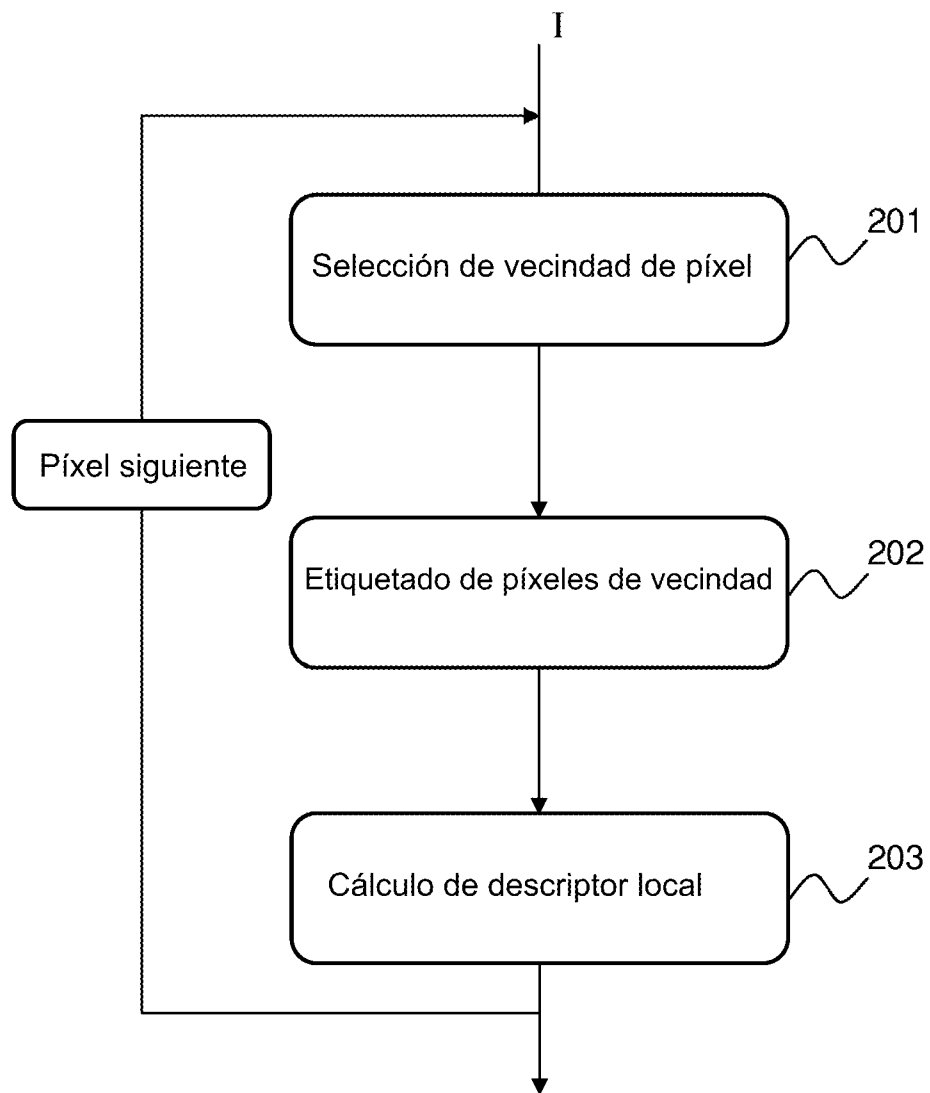


FIG.2

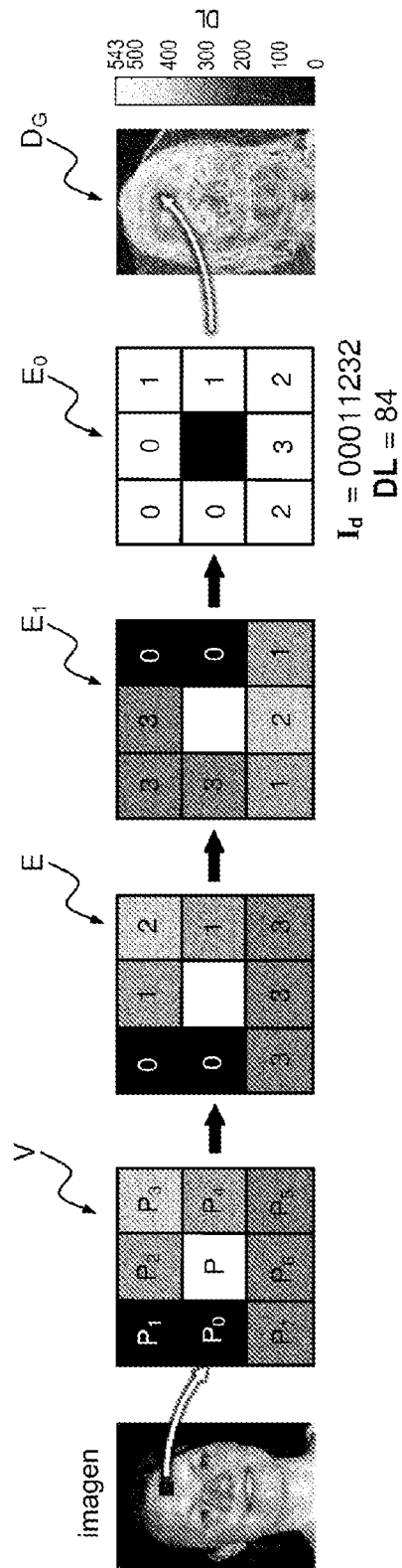


FIG.3

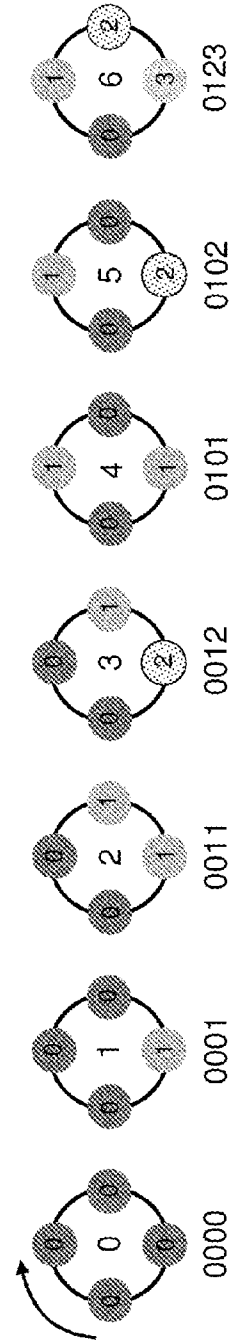


FIG.4

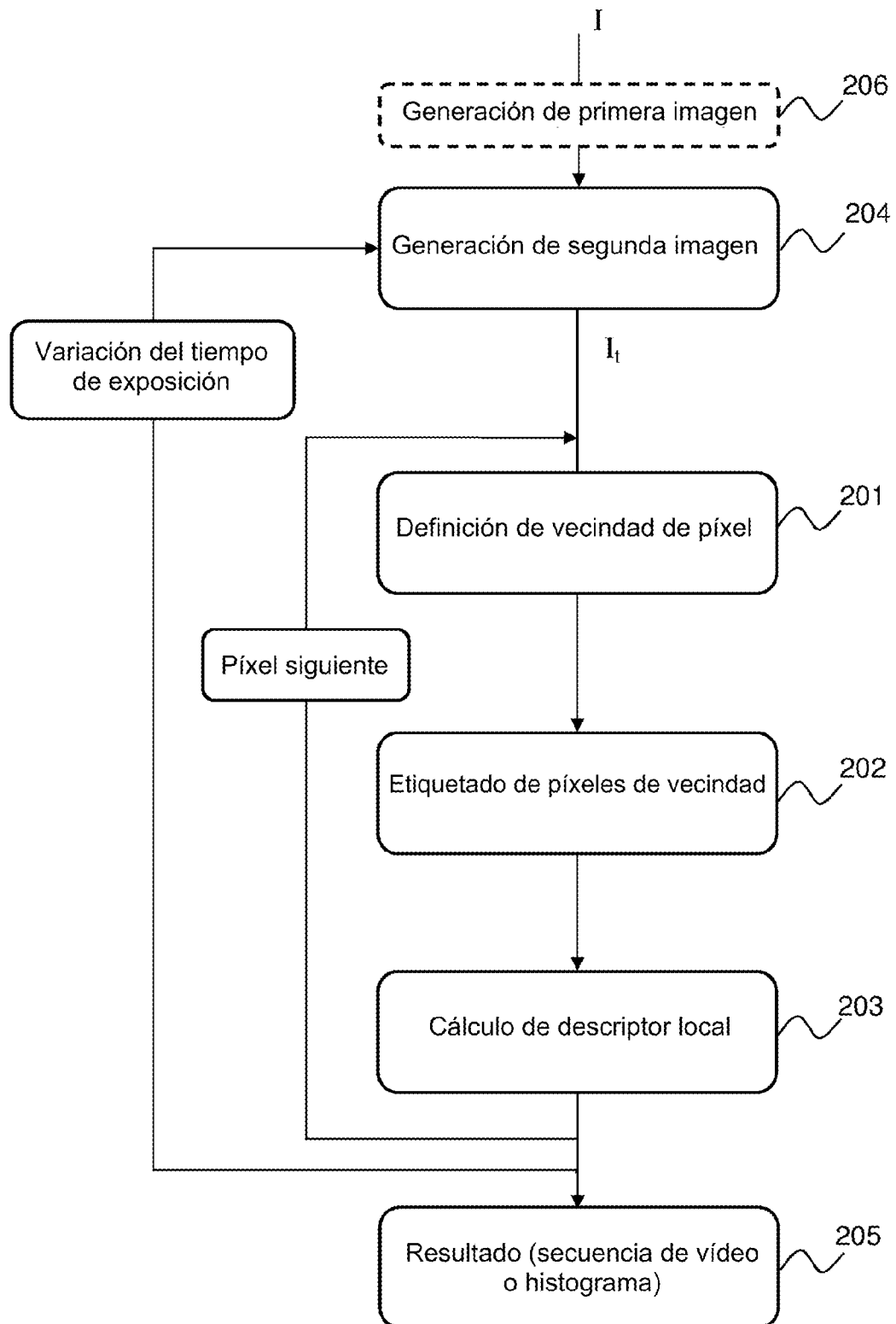


FIG.5

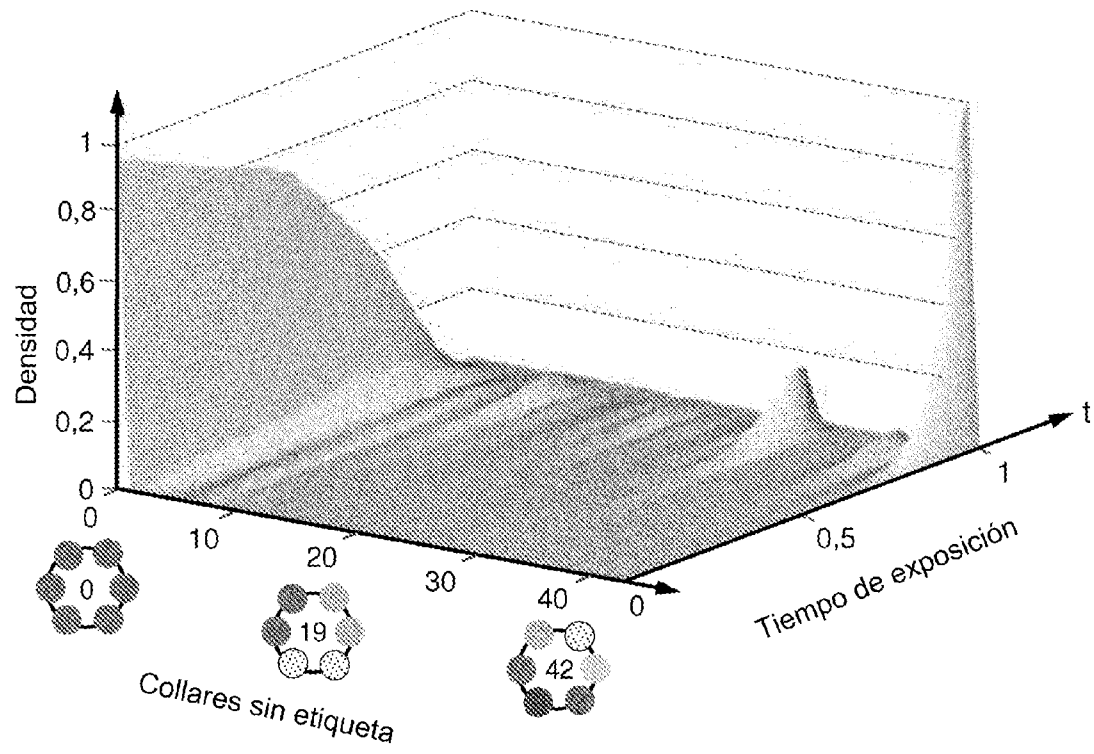
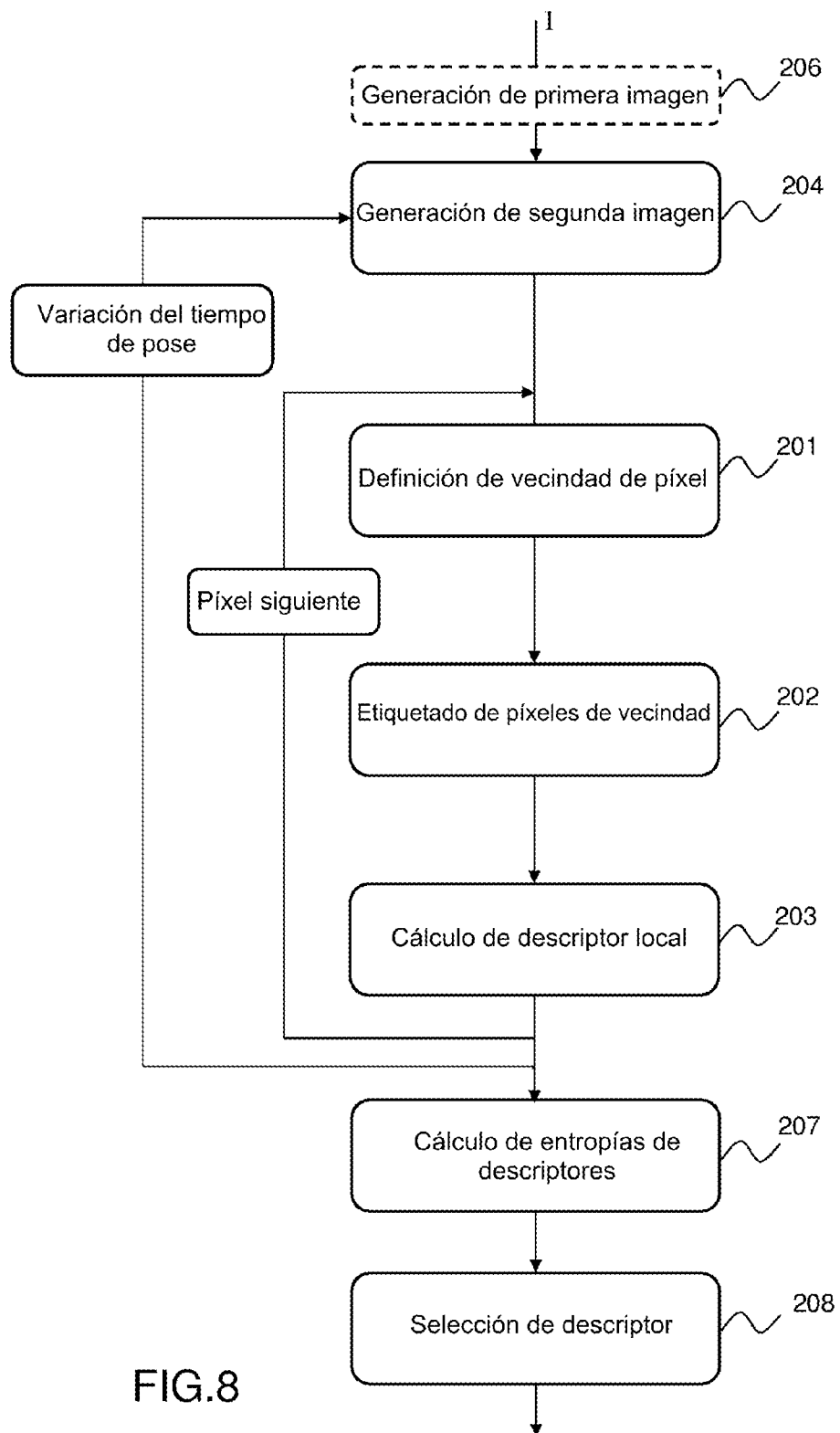


FIG.6



FIG.7



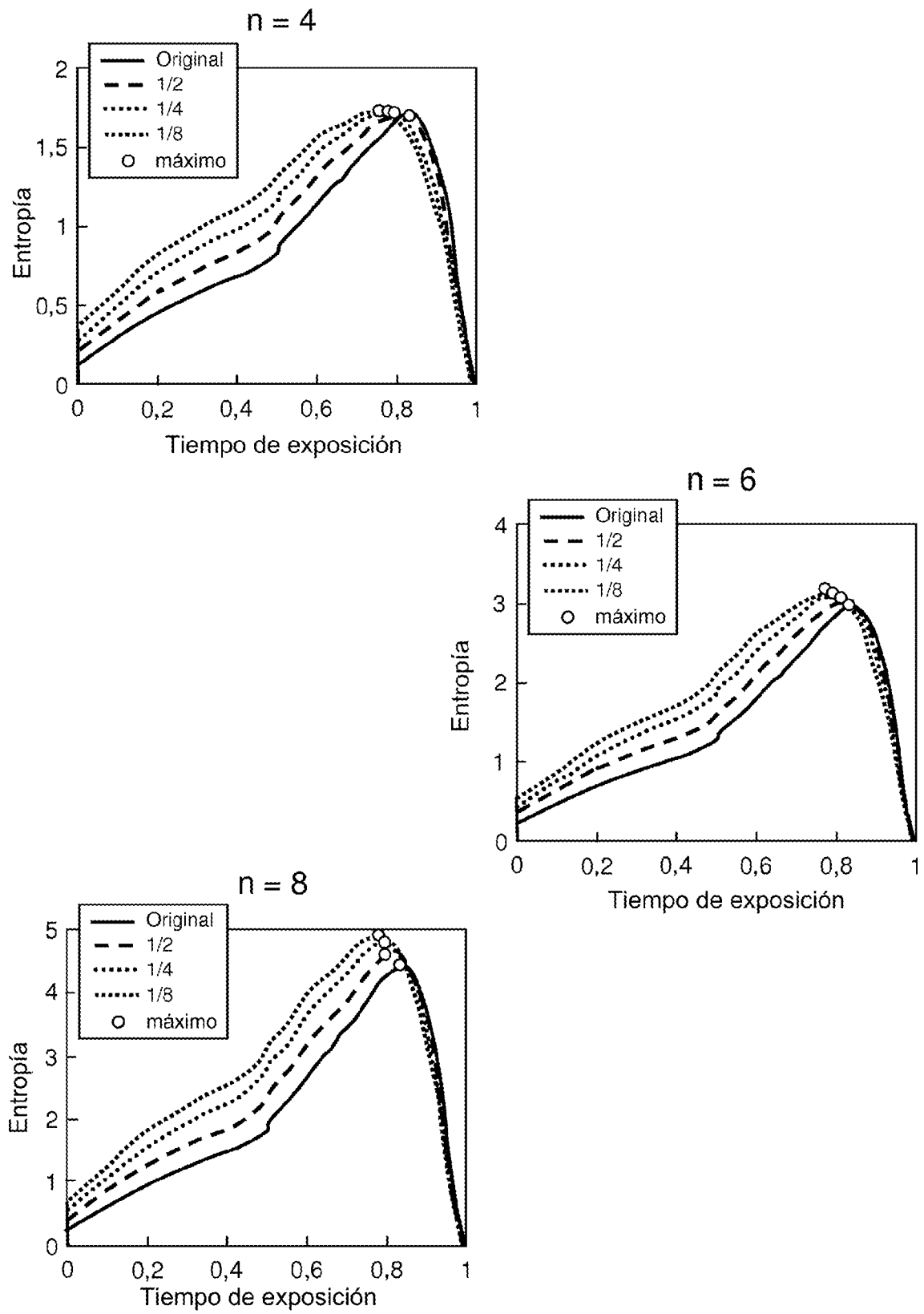


FIG.9

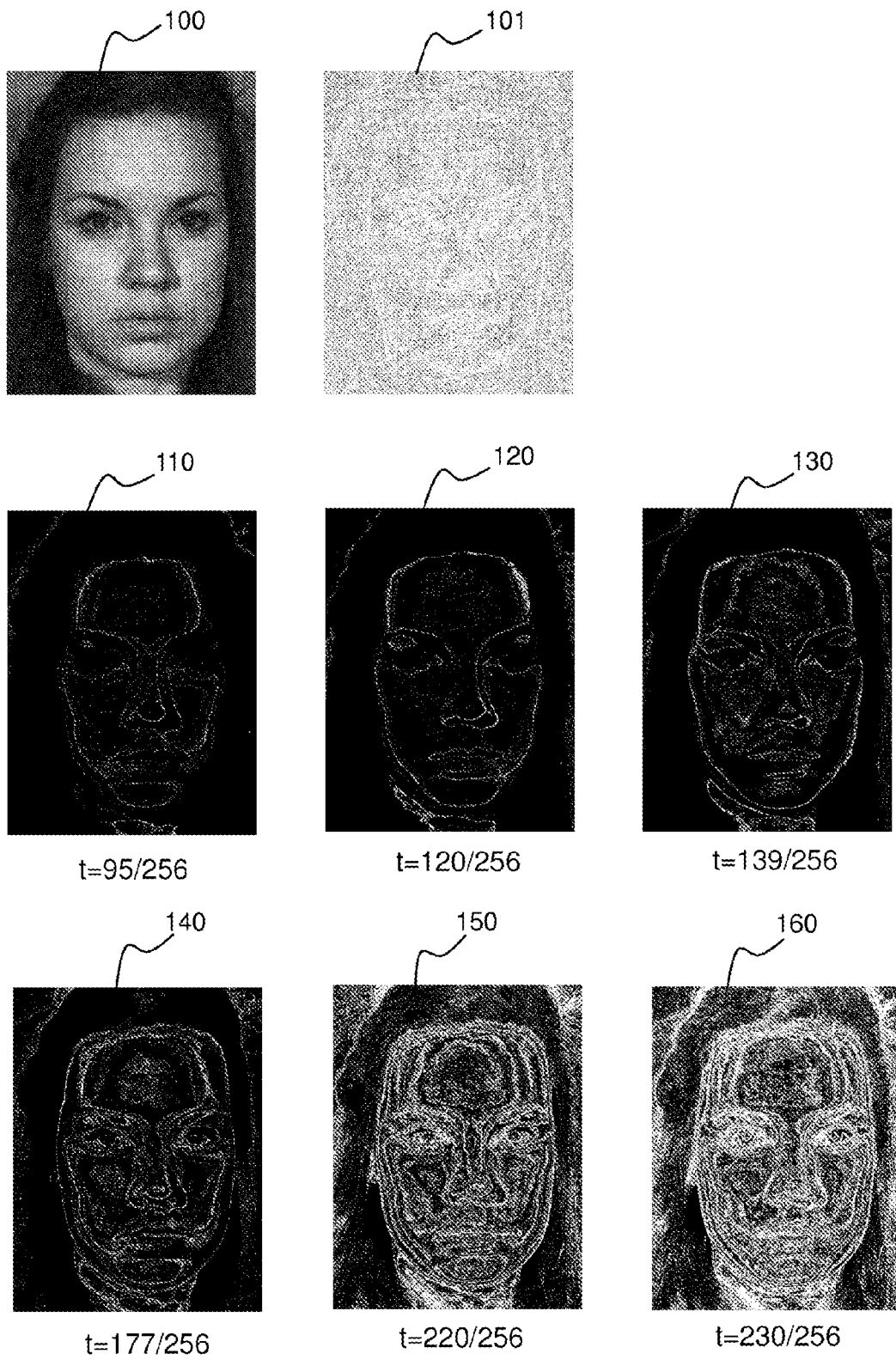


FIG.10