



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 335 251**

51 Int. Cl.:

**H04N 1/62** (2006.01)

**G06T 7/40** (2006.01)

**G06T 5/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08102048 .9**

96 Fecha de presentación : **27.02.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **1973336**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **24.09.2008**

54

Título: **Procedimiento de detección y corrección automáticas de los ojos rojos visibles en una imagen.**

30

Prioridad: **23.03.2007 FR 07 53997**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**23.03.2010**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**23.03.2010**

73

Titular/es: **SAGEM COMMUNICATIONS S.A.S.**  
**250, route de l'Empereur**  
**92848 Rueil Malmaison Cédex, FR**

72

Inventor/es: **Berger, Jérôme**

74

Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 335 251 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 detección y corrección automáticas de los ojos rojos visibles en una imagen.

**5 Campo técnico de la invención**

La presente invención se refiere a un procedimiento de detección y corrección automáticas de los ojos rojos de un individuo visible en una imagen. Un objetivo esencial de la invención es permitir la identificación, después de la corrección, en una persona que aparece en una imagen resultado de una fotografía, de al menos un ojo que presenta un tinte rojo sorprendente y poco natural al nivel de la pupila; la corrección hecha consiste particularmente en reemplazar este rojo por un color más natural.

**Antecedentes tecnológicos de la invención**

En el campo de la fotografía, digital o de película, la toma de imágenes puede necesitar, cuando el entorno está oscuro, la utilización de un destello luminoso. O, como es conocido, la luz del destello se refleja en la retina del ojo que supone a continuación la aparición de un tinte rojo sorprendente y poco natural en el emplazamiento de la pupila del ojo. Este fenómeno bien conocido se llama artefacto de los ojos rojos.

Existen actualmente numerosos sistemas que tratan de evitar este fenómeno de los ojos rojos. La mayoría de estos sistemas actúan en la luz emitida por el destello luminoso, a la hora de la toma de la imagen. Otros sistemas tratan de corregir el color rojo de la pupila del ojo antes de la impresión de la imagen. Estos sistemas se instalan generalmente en los ordenadores relacionados con los dispositivos de impresión de imágenes. Algunos sistemas se instalan directamente en el dispositivo de impresión de imágenes: se habla entonces de sistemas embebidos.

Algunos de estos sistemas ponen en ejecución un procedimiento que necesita una selección, por el usuario, de la zona en la que se encuentran los ojos rojos a corregir. Tal procedimiento no es automático. Necesita una atención y una intervención del usuario.

Otros sistemas ponen en ejecución un método de reconocimiento de la cara, automático y transparente para el usuario. Este método se basa en el aprendizaje de la cara. Estos métodos de aprendizaje consisten en hacer aprender al sistema un gran número de caras que luego es capaz de reconocer. Una vez constituida una base de aprendizaje que contiene un gran número de caras, de formas y tipos variados, se extraen las características interesantes como, por ejemplo, las proyecciones de estas imágenes de caras en los espacios vectoriales, en bases específicas como las bases de ondas pequeñas o las bases de tipo Haar. A partir de la cantidad muy grande de informaciones así recuperadas, se extraen las informaciones más críticas, las más discriminantes, las que describen mejor una cara. Estos datos que han sido extraídos de la base de aprendizaje, crean un clasificador que permite detectar una cara en la imagen, en varias escalas posibles. Este clasificador calcula las funciones (por ejemplo las proyecciones sobre los vectores de la base) seleccionadas como principales y especifica si una cara ha sido bien detectada en la imagen a tratar. Un ejemplo de tal método de aprendizaje de las caras se describe en el documento US 04-0119851-A1.

Con tal método que reconoce una cara en su globalidad, es necesario recorrer la imagen y verificar a todas las escalas posibles la presencia de una cara. Tal método es así muy costoso en tiempo de cálculo y en memoria para el almacenamiento de los datos extraídos de la base de aprendizaje. O, la capacidad de cálculo de un dispositivo embebido y la memoria disponibles son relativamente reducidas en comparación a las de un ordenador. En consecuencia, la puesta en funcionamiento de un método de detección de la cara por aprendizaje, en un sistema embebido, supone un tiempo de tratamiento de la imagen muy largo.

Existen igualmente sistemas que ponen en funcionamiento un método de aprendizaje de los ojos. El aprendizaje de los ojos se realiza de manera global, como el aprendizaje de caras descrito anteriormente. Este método presenta así los mismos inconvenientes que el método de aprendizaje de caras.

Otro método para detectar la presencia de ojos rojos en una imagen se describe en la solicitud de patente CA-2460179. Este método consiste en detectar, en la imagen, los píxeles de color rojo saturado. En concreto, este procedimiento permite detectar todos los píxeles de la imagen que tienen una fuerte saturación y una fuerte variación de luminancia, en un espacio colorimétrico de tipo HSV (Hue: Tinte, Saturación y Valor/Luminosidad). Cuando los píxeles con fuerte saturación y fuerte variación de luminancia son detectados, el procedimiento deduce que se trata de un rojo saturado correspondiente a los ojos rojos. Sin embargo, este procedimiento presenta el inconveniente de detectar con demasiada frecuencia ojos rojos que pueden corresponder a una pupila de ojo rojo.

En efecto, existen, en una imagen, numerosos elementos que pueden ser rojos, en un color rojo saturado como, por ejemplo, luces rojas, ropa roja, una boca, etc. Este procedimiento detecta todas estas zonas rojas. Numerosas pruebas deben ser realizadas a continuación para verificar si se trata de un ojo o no, lo que supone numerosos cálculos. A falta de estas pruebas, el procedimiento induce numerosas falsas detecciones y un tiempo de cálculo que puede ser elevado para imágenes que contienen mucho rojo.

## ES 2 335 251 T3

Para remediar estos problemas, se ha propuesto recientemente un procedimiento, a saber la patente FR13724, que permite, trabajando en una imagen de tamaño real:

- 5 - la detección de una zona de piel,
- la realización de una máscara de piel,
- la búsqueda, en la máscara de piel, de la presencia eventual de un ojo rojo de la manera siguiente:
  - 10 - detección del blanco de un ojo,
  - detección del rojo de un ojo,
  - detección del iris de un ojo,
  - 15 - reconocimiento de la forma redonda de la pupila de un ojo,
  - la corrección del color de un ojo.

20 Por otra parte, una patente de la técnica actual propone crear, a partir de una imagen de tamaño real, una tarjeta de enrojecimiento que atribuye a cada píxel un valor más o menos grande según su color. Se efectúa entonces una segmentación por valor umbral en esta tarjeta.

25 En otra patente, se detectan los candidatos del ojo que se proponen al usuario; el rechazo y/o la validación de estos candidatos es así manual, luego más larga.

30 En la técnica actual, se conoce la enseñanza del documento técnico CORPORAN P Y OTROS: “DETECCIÓN AUTOMÁTICA EN CÁMARA DE DEFECTOS DEL DESTELLO EN EL OJO” TRANSACCIONES DEL IEEE EN ELECTRÓNICA DE CONSUMO, CENTRO DE SERVICIOS DEL IEEE, NUEVA YORK, NY, US, vol. 51, nº 1, febrero de 2005, páginas 11-17, XP001240419 ISSN: 0098-30-63, que divulga un método, para un dispositivo de fotos, de detección de defectos en un ojo destellado.

35 Se conoce igualmente la enseñanza del documento técnico EP-A-1 734 475 que divulga un método de detección de una zona de imagen que presenta un tono débilmente coloreado.

Se conoce finalmente la enseñanza del documento técnico US 2004/228542 A1 que divulga un método de modificación del efecto “ojos rojos” en una imagen digital.

40 Pero, para todas estas invenciones de la técnica previa, los problemas persisten:

- la segmentación de las zonas rojas por valores umbrales es imprecisa,
- 45 - el análisis de la forma de los ojos potenciales es simplista, se apoya en las dimensiones horizontal, vertical, y diagonal y en la proporción de puntos rojos, para verificar que no se trata de un anillo,
- el análisis del color se hace generalmente por comparación con tablas colorimétricas, que pueden ser una causa de errores.

### 50 Descripción general de la invención

55 El objeto de la invención propone una solución al problema que acaba de ser expuesto. De una manera general, la invención tiene por objeto un procedimiento que permita:

- detectar, en una imagen cuyo tamaño se reduce por razones de rendimiento, de manera completamente automática y transparente para el usuario, al menos un candidato de ojo rojo;
- 60 - analizar con precisión el color de la piel de un sujeto a través de dos modelos de piel distintos;
- verificar el carácter circular de un candidato de ojo rojo por el cálculo de estadísticas aplicadas a sus coordenadas;
- 65 - segmentar las regiones de una tarjeta de enrojecimiento a través de un algoritmo adecuado.

## ES 2 335 251 T3

Este método necesita relativamente pocos cálculos, lo que le confiere una gran rapidez de cálculo y un débil margen de error.

5 En concreto, la invención concierne a un procedimiento de detección y corrección automática de al menos un ojo rojo de al menos un individuo visible en una imagen inicial, dicha detección consistente particularmente en distinguir una zona de piel que corresponde al rostro, una zona de ausencia de piel que corresponde o bien al blanco del ojo o bien al iris y una zona roja que corresponde a la pupila, el procedimiento que comprende las etapas consistentes en:

- 10 - reducir el tamaño de la imagen inicial para obtener una imagen reducida;
- detectar al menos un ojo rojo en la imagen reducida, por:
- localización de al menos un candidato de ojo rojo y obtención de las coordenadas correspondientes,
- 15 - validación o rechazo del candidato de ojo rojo en función de criterios de tamaño, de forma y de presencia de piel en la proximidad media y reducida de dicho candidato;
- convertir, si es necesario, las coordenadas del candidato de ojo rojo validado a la escala de la imagen inicial:
- 20 - corregir la rojez del candidato del ojo rojo validado en la sustitución por un color apropiado para obtener una imagen final,

*caracterizado porque*

- 25 - el criterio de presencia de piel en la proximidad media del candidato de ojo rojo utiliza un primer modelo de piel extenso que determina las zonas correspondientes a la piel, y porque
- el criterio de presencia de piel en la proximidad reducida del candidato de ojo rojo utiliza un segundo modelo de piel (MP2) restringido, obtenido por el aprendizaje de los colores de la piel, que determina el tinte de la piel del individuo.
- 30

Además de las características principales que se mencionan en el párrafo anterior, el procedimiento según la invención puede presentar una o varias características complementarias descritas en las reivindicaciones 2 a 17.

35 La invención y sus distintas aplicaciones se comprenderán mejor tras la lectura de la descripción que sigue y tras el examen de las figuras anexas.

### 40 **Breve descripción de las figuras.**

Estas se presentan a título ilustrativo y no limitativo de la invención. Las figuras muestran:

- 45 - la figura 1, un diagrama que describe el procedimiento según la invención.
- la figura 2, una imagen de tamaño real en la que un individuo tiene los ojos que presentan un color rojo,
- la figura 3, una imagen de tamaño reducido en la que se presenta al mismo individuo,
- 50 - la figura 4, un diagrama que describe la etapa de detección de los ojos rojos según la invención,
- la figura 5, un diagrama que describe la etapa de corrección de los ojos rojos según la invención,
- la figura 6, un diagrama que describe la fusión de las zonas rojas,
- 55 - la figura 7, un diagrama que describe la validación de los candidatos de ojo,
- la figura 8, las zonas controladas por el criterio de presencia de piel alrededor de cada candidato de ojo,
- 60 - la figura 9, un modelo de piel extenso representado en un espacio de colores Cb/Cr,
- la figura 10, una vista cercana de un ojo en el que se aplica la corrección según la invención,
- la figura 11, una imagen similar a la de la figura 2, pero que presenta los ojos corregidos por el procedimiento
- 65 según la invención.

**Descripción detallada de las formas de realización preferentes de la invención**

Los distintos elementos que aparecen en varias figuras habrán guardado, salvo indicación contraria, la misma referencia.

5

La figura 1 muestra un diagrama que representa el procedimiento 100 de detección 102 y corrección 104 automáticas de los ojos rojos según la invención. El procedimiento 100 se descompone principalmente según las etapas siguientes:

10

- reducción 101 del tamaño de la imagen inicial 10 para obtener una imagen reducida 11;

- detección 102 de al menos un ojo rojo en la imagen reducida 11, por:

15

- localización 102A de candidatos de ojo rojo y obtención de las coordenadas  $x$  e  $y$  correspondientes,

- validación/rechazo 102B de candidatos de ojo rojo en función de criterios de tamaño, de forma y de presencia de piel en la proximidad media y reducida de susodicho candidato;

20

- conversión 103, si llega el caso, de las coordenadas de los candidatos de ojo rojo validados a la escala de la imagen inicial;

- corrección 104 del enrojecimiento de los candidatos de ojo rojo validados mediante la sustitución por un color apropiado para obtener una imagen final I2.

25

La figura 2 muestra una imagen 10 de tamaño real en la que un individuo 200 tiene un rostro 202 cuyos ojos 201 A y 201 B presentan cada uno en particular una pupila 204A y 204B de color rojo, y un blanco del ojo 203A y 203B.

30

La figura 3 representa una imagen I1 de tamaño reducido sobre la que se presenta el mismo individuo 200. En efecto, a fin de detectar 102 los ojos rojos 201 A y 201B en la imagen 10, el procedimiento 100 según la invención propone comenzar por reducir 101 el tamaño de dicha imagen para obtener una nueva imagen I1 cuyas dimensiones representan alrededor de 400.000 píxeles, por ejemplo más o menos el 10%. En esta imagen I1, los ojos del individuo 200 ya no se consideran más como tales, sino como candidatos de ojo rojo 301A y 301B que deben sufrir, como continuación del procedimiento según la invención, una validación o un rechazo 102B.

35

Por razones de simplicidad, interesa mantener únicamente al candidato de ojo rojo 301 A que incluye una zona roja 304 correspondiente a la pupila 204A y una zona de blanco 303 correspondiente al blanco del ojo 203A.

40

La figura 4 muestra un diagrama que describe la etapa de detección 102 de los ojos rojos según la invención. La localización 102A de al menos una región roja R, correspondiente a un candidato de ojo rojo 301 A, incluye tres fases:

- creación 401 de una tarjeta de enrojecimiento,

- segmentación 402 de esta tarjeta de enrojecimiento,

45

- fusión 403 de las regiones rojas R.

50

En efecto, en un primer momento, la detección 102 consiste en la creación 401 de una tarjeta de enrojecimiento que se presenta bajo la forma de una imagen en niveles de gris en la que el valor de cada píxel depende de los valores de los componentes rojo  $r$ , verde  $g$  y azul  $b$  de la imagen I1. Dichos valores responden a la ecuación:  $T = \max(r - g, 0)$ .

55

En este ejemplo de realización del procedimiento según la invención, la tarjeta de enrojecimiento se filtra para eliminar el ruido por medio de un filtro de colocación variable. Este filtro trata los valores de enrojecimiento en las proximidades de 3 X 3 píxeles alrededor del píxel considerado en un orden creciente y seleccionando luego uno de los valores en función de su disposición.

En un segundo momento, la tarjeta de enrojecimiento sufre una segmentación 402 realizada utilizando un procedimiento existente. La segmentación 402 se descompone según el algoritmo siguiente:

60

- se llama  $\beta$  un criterio ensamblaje de píxeles: dos píxeles  $p1$  y  $p2$  se consideran como pertenecientes a la misma región si  $\beta(p1, p2)$  es verdadero, es decir, si la diferencia de enrojecimiento entre  $p1$  y  $p2$  está por debajo de un cierto umbral; en este ejemplo de realización del procedimiento según la invención, este umbral es de: 14,7;

65

- para cada píxel de la tarjeta de enrojecimiento a partir de la esquina superior izquierda de la imagen I1 y que se desplaza horizontalmente, luego verticalmente, controlar el píxel directamente a la izquierda y el píxel directamente encima. Entonces son posibles tres casos:

- si  $\beta$  es falso para los dos píxeles, entonces se comienza una nueva zona con el píxel actual;

## ES 2 335 251 T3

- si  $\beta$  es verdadero para un solo píxel, se considera el píxel actual como perteneciente a la misma región roja R;

- si  $\beta$  es verdadero para los dos píxeles, entonces se distinguen dos hipótesis:

- pertenecen a dos regiones R distintas. Se marcan estas regiones como regiones equivalentes,
- pertenecen a la misma región R. Se atribuye al píxel actual la pertenencia a esta región R.

La segmentación 402 acaba en una tarjeta de enrojecimiento etiquetada y una tabla de equivalencia de regiones R. Puesto que se interesa únicamente en las regiones rojas R, se calcula el enrojecimiento medio de cada región R y se descartan aquéllas cuyo enrojecimiento medio está por debajo de un umbral dado: en este ejemplo de realización del procedimiento según la invención, este umbral es de: 55.

La segmentación 402 realizada tiene tendencia a ser excesiva, en particular en las zonas de transición. También ciertas pupilas rojas 204A pueden aparecer como divididas en dos o tres partes, particularmente a causa de un reflejo de un destello luminoso, y sobre todo a causa del pequeño tamaño de la imagen I1 en la que se aplica la detección. Para remediar estos problemas, se efectúa, a continuación, una fusión 203 de las regiones rojas que están en la proximidad reducida una de otra, por ejemplo una distancia de dos o tres píxeles.

Se marcan entonces las regiones rojas R como que son regiones equivalentes. Es la fusión 403 de regiones rojas R la que produce una serie de candidatos de ojo rojo. Cada candidato 301 A sufre una validación o un rechazo 102B en función de distintos criterios descritos en mismo momento que la figura 7 y particularmente a través de un marco rectangular 804 que delimita la zona del candidato de ojo rojo 301 A; tal marco 804 se describe con la figura 8.

Una vez que el candidato de ojo rojo 301 A es validado, se realiza una extensión 405 del marco 804 para aplicar la corrección 104 a dicho candidato y obtener una nueva imagen I2.

Para las figuras 5, 6 y 7, las formas de rombo simbolizan las preguntas a la respuesta binaria, a saber “sí” o “no”. Son estas respuestas las que determinan el camino a seguir para la continuación del procedimiento según la invención.

La figura 5 muestra un diagrama que describe la etapa de corrección 104 de los ojos rojos según la invención. La corrección 104 conduce a una imagen final I2 del mismo tamaño que I0.

Se empieza la corrección 104 aplicando a la imagen 12 una segunda validación 501 de la forma del candidato de ojo 301 A; para esto, hace falta saber qué píxeles pertenecen al candidato 301 A. Como se trabaja ahora en una imagen de tamaño completo, es juicioso utilizar un único umbral T de enrojecimiento (r-g). Por consiguiente, el análisis de la forma se efectúa en todos los píxeles del marco 804 cuyo enrojecimiento (r-g) es superior al umbral T. En este ejemplo de realización del procedimiento según la invención, el umbral  $T = \max(r-g)$  se fija, para cada píxel, a 48, salvo si la componente r es superior o igual a 254. En este caso, el píxel se considera como rojo cualquiera que sea el valor de (r-g).

Con el fin de validar una segunda vez la forma del ojo, el diagrama que describe la etapa de corrección 104 comienza por la pregunta 502 “la forma es válida”:

- si la respuesta es “no”, la corrección 104 se termina,
- si la respuesta es “sí”, se interesa por cada píxel del marco 804 que delimita la zona del ojo. La pregunta 504 “el píxel p1 es rojo” es entonces planteada:
  - si la respuesta es “no”, se pasa al píxel p2 siguiente para el que se plantea la misma pregunta,
  - si la respuesta es “sí”, se aplican las operaciones siguientes al píxel p1 considerado:
    - cálculo 504 de la distancia entre el centro del ojo y el píxel p1,
    - elección 505 de un color natural de sustitución,
    - sustitución 506 del píxel considerado.

En los dos casos, se plantea la misma pregunta 504 al píxel siguiente, y hasta que todos los píxeles del cuadro 804 que delimitan la zona del ojo sean tratados, es decir hasta que la respuesta a la pregunta 508 “hay otros píxeles a tratar” sea “no”. En efecto, es en este momento preciso que se obtiene la imagen final I2.

## ES 2 335 251 T3

La figura 6 muestra un diagrama que describe la fusión 403 de las zonas rojas según la invención. La fusión 403 aplicada en la tarjeta de enrojecimiento, una vez efectuada la segmentación, consiste particularmente en marcar:

- cada píxel  $p$  de la imagen que pertenece a una región roja,
- cada píxel  $p'$  que está incluido en una cierta periferia de  $p$ , a saber aproximadamente dos o tres píxeles, si  $p'$  pertenece a una región roja distinta de la de  $p$ .

En concreto, se empieza la fusión 403 seleccionando 601 un píxel  $p$  de la tarjeta de enrojecimiento, por ejemplo, aquél que está situado en la esquina superior izquierda; la pregunta 602 “el píxel  $p$  pertenece a una región roja” se plantea entonces:

- si la respuesta es “no”, se pasa al píxel siguiente  $p'$  para el que se plantea la misma pregunta, desplazándose por ejemplo horizontalmente hacia la derecha luego verticalmente hacia abajo, y así hasta que todos los píxeles de la tarjeta de enrojecimiento son tratados, es decir hasta que la respuesta a la pregunta 607 “¿hay otros píxeles a tratar en la tarjeta?” sea “no”.
- si la respuesta es “sí”, se interesa por cada píxel  $p'$  situado en una cierta periferia próxima de  $p$ , a saber dos o tres píxeles; la pregunta 604 “¿el píxel  $p'$  que pertenece a otra región roja que la de  $p$ ?” se plantea entonces:
  - si la respuesta es “no”, se pasa al píxel siguiente  $p''$ ;
  - si la respuesta es “sí”, se realiza una fusión 605 de la región roja de  $p$  y de la región roja de  $p'$ , después se pasa al píxel siguiente  $p''$ .

En los dos casos, la misma pregunta 606 “¿hay otros píxeles vecinos?” se plantea al píxel siguiente  $p''$ , y hasta que todos los píxeles vecinos de  $p$  sean tratados, es decir hasta que la respuesta a la pregunta 506 sea “no”. En efecto, es en este momento preciso que la pregunta 607 se plantea de nuevo. La fase del procedimiento que empieza por la selección 601 y que finaliza por la pregunta 506 se repite hasta que la respuesta a la pregunta 607 sea “no”. En efecto, es en este momento preciso que se obtienen los candidatos de ojo rojo tales como el candidato 301A.

La figura 7 muestra un diagrama que describe la etapa de validación/rechazo 102B de los candidatos. Los criterios de validación de un candidato de ojo rojo 301 A son los siguientes:

- no debe ser demasiado grande para que el resultado obtenido después de la corrección sea estéticamente admisible; en este ejemplo de realización del procedimiento según la invención, el límite de tamaño es de 1.000 píxeles para una imagen I1 de 400.000 píxeles.
- no debe haber allí mucho rojo alrededor del candidato 301 A; en este ejemplo de realización del procedimiento según la invención, la zona controlada es 9 veces el tamaño de la zona roja 304 del candidato 301 A, pero no desciende por debajo de 8x8 píxeles, incluso si dicho candidato 301 A es pequeño.

Esto se controla de dos maneras:

- contando cuántos píxeles alrededor poseen un enrojecimiento más intenso que el enrojecimiento medio de la zona roja 304. Si son muy numerosos, el candidato 301 A se rechaza; en este ejemplo de realización del procedimiento según la invención, el candidato 301 A se rechaza si se encuentra un número de píxeles rojos más importante que la mitad del tamaño de su zona roja 304 en las proximidades;
- calculando el enrojecimiento medio de los píxeles contiguos. Si es muy elevado, el candidato 301 A se rechaza; en este ejemplo de realización del procedimiento según la invención, el candidato 301 A se rechaza si el enrojecimiento medio en las proximidades es superior a la vez a 55 y a tres cuartos del enrojecimiento medio de dicho candidato;
- la zona roja 304 debe presentar una forma globalmente circular. Eso se controla utilizando dos momentos invariantes descritos en el párrafo siguiente;
- debe haber allí piel en alguna parte alrededor del ojo, en la proximidad media de la pupila;
- debe haber allí una zona que no es claramente piel en el interior de la pupila, es decir el iris y el blanco del ojo.

## ES 2 335 251 T3

En concreto, se empieza describiendo la etapa de validación/rechazo 102B del candidato de ojo rojo 301 A seleccionando 701 un candidato de la tarjeta de enrojecimiento; la pregunta 702 “¿el candidato es pequeño?” se plantea entonces:

- 5 - si la respuesta es “no”, se rechaza 707 el candidato.
- si la respuesta es “sí”, entonces se plantea la pregunta 703 “¿hay mucho rojo alrededor?”; si la respuesta es:
  - 10 - “sí”, entonces el candidato se rechaza 707,
  - “no”, entonces se plantea la pregunta 704 “¿el candidato es un círculo?”; si la respuesta es:
    - “no”, entonces se rechaza 707 el candidato,
    - 15 - “sí”, entonces se plantea la pregunta 705 “¿hay piel alrededor?”; si la respuesta es:
      - “no”, entonces el candidato se rechaza 707,
      - 20 - “sí”, entonces se plantea la pregunta 706 “¿hay otra cosa que piel alrededor?”; si la respuesta es:
        - “no”, entonces se rechaza 707 el candidato,
        - 25 - “sí”, entonces se pasa a la pregunta siguiente.

En los dos casos, se acaba por plantear la pregunta 708 “¿hay otros candidatos?”; se repite la fase del procedimiento que empieza por la selección 601 de un candidato y que finaliza por la pregunta 706, y hasta que la respuesta a la pregunta 708 sea “no”, es decir hasta que todos los candidatos sean validados o rechazados.

El criterio de forma utilizado en la etapa 704 para la validación de un candidato de ojo rojo se determina a través de momentos invariantes según el método descrito de manera completa y precisa en el documento “M.-K. Hu - Reconocimiento del Patrón Visual por Momentos Invariantes - en Transacciones IRE en Teoría de la Información, 1962”.

Algunas estadísticas de la región roja R son independientes de la posición, de la orientación y del tamaño de R, pero dependen únicamente de su forma.

Las estadísticas más simples que se pueden calcular para una región R y utilizar para caracterizar su forma son los momentos. Dependen de la posición, de la rotación y del tamaño de la región roja R pero pueden ser utilizados para calcular los valores que no dependen. Conociendo dos enteros positivos p y q, se puede definir el momento de orden (p,q) de R como sigue:

$$m_{pq} = \sum_{(x,y) \in R} x^p y^q$$

Un valor particular de  $m_{00}$  da el tamaño de la región R y se puede utilizar para crear los valores que no dependen del tamaño de la región considerada. Otros dos momentos ( $m_{10}$  y  $m_{01}$ ) dan su posición y pueden ser utilizados de manera similar para obtener una independencia en translación.

Los momentos centrales  $\mu_{pq}$  se definen como sigue:

$$\mu_{pq} = \sum_{(x,y) \in R} (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q$$

Donde  $\bar{x} = m_{10}/m_{00}$  es el valor medio de x e  $\bar{y} = m_{01}/m_{00}$  es el valor medio de y.

## ES 2 335 251 T3

Una propiedad importante de los momentos centrales es que son independientes de la posición de la región R en la imagen. Esta independencia permite utilizar los números enteros limitando al mismo tiempo los riesgos de desbordamiento: cuando se calculan los momentos invariantes para un candidato de ojo rojo 301 A, el origen del sistema de coordenadas o referencia se sitúa en el centro del marco delimitando la zona del candidato considerado.

5 Eso implica dos efectos:

- eso minimiza los valores de las coordenadas;
- eso introduce valores a la vez positivos y negativos, que les proporcionan una oportunidad de eliminarse mutuamente cuando se añaden juntos.

10

Si  $\mu = m_{00}$ , entonces los momentos centrales se pueden calcular fácilmente a partir de los momentos ordinarios. Las ecuaciones siguientes proporcionan las relaciones existentes entre los momentos y los momentos centrales:

15

• 
$$\mu_{20} = m_{20} - \mu \bar{x}^2;$$

20

• 
$$\mu_{11} = m_{11} - \mu \bar{x} \bar{y};$$

25

• 
$$\mu_{02} = m_{02} - \mu \bar{y}^2.$$

Los momentos centrales pueden ser expresados independientes del tamaño de la región R si se los sustituye por los valores siguientes:

30

$$\mu'_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{\mu \frac{p+q+2}{2}}$$

35

A partir de estos momentos invariantes, se pueden crear varias cantidades independientes del tamaño, de la posición y de la orientación de la región roja R. Para la detección de los ojos rojos, se utilizan los dos invariantes siguientes:

40

• 
$$X = \mu'_{20} + \mu'_{02}$$

45

• 
$$Y = (\mu'_{20} - \mu'_{02})^2 + 4\mu'_{11}{}^2$$

Por motivos de rendimiento y de precisión, solamente la primera X se utiliza para validar los candidatos de ojo rojo durante la detección de los ojos rojos. Sin embargo, los dos se utilizan para validar de nuevo los candidatos de ojo rojo, pero esta vez en una imagen de tamaño completo.

50

La experimentación ha mostrado que los umbrales siguientes parecen caracterizar la forma de la pupila de un ojo rojo:

55

- $X < 0,25$  puesto que, la precisión es a menudo demasiado baja en el curso de la detección en la imagen reducida 11, este umbral es elevado a 0,3 para evitar el rechazo de los ojos pequeños cuya forma no puede ser calculada con precisión.
- $Y < 0,01$

60

La figura 8 representa las regiones controladas por el criterio de presencia de piel 705 y 706 alrededor de cada candidato de ojo rojo 301 A. En este ejemplo de realización del procedimiento según la invención, la zona rectangular 801 analizada para buscar la piel, tiene dimensiones nueve veces más grandes que las de la zona roja 304 del candidato de ojo rojo 301 A en las dos direcciones. El orificio situado en el medio de esta zona 801 es un marco 804 que delimita la zona del candidato de ojo; en este ejemplo de realización del procedimiento según la invención, el marco 804 tiene las dimensiones tres veces más grandes que la zona roja 304 en las dos direcciones.

65

## ES 2 335 251 T3

La zona rectangular 801 debe contener una mayoría de piel; entonces las zonas triangulares 802 deben contener la menos posible.

5 En un primer momento, la zona rectangular 801 se analiza utilizando un primer modelo de piel extenso MP1 que reconoce un máximo de tintes de piel distintos. La media de las probabilidades de que cada píxel sea de la piel se calcula entonces; dos casos son entonces posibles:

10 - si esta media es inferior a un umbral dado, el candidato de ojo es rechazado 707; en este ejemplo de realización del procedimiento según la invención, la probabilidad media de que un píxel sea de la piel en la zona rectangular 801 debe ser superior a 0,66;

- si esta media es superior a un umbral dado, el candidato 301 A pasa a la fase de validación 102B siguiente.

15 Al mismo tiempo, los colores observados y ponderados por la probabilidad de que sean de la piel, se utilizan para crear un segundo modelo de piel más restringido MP2 que corresponde precisamente al tinte de la piel del sujeto estudiado y a las condiciones de iluminación.

20 En un segundo momento, las parejas de triángulos 802A y 802B, situadas en la periferia de la pupila circular 204, se analizan por turno utilizando el segundo modelo de piel; dos casos son entonces posibles:

- si las dos parejas de triángulos 802 contienen demasiada piel, el candidato de ojo se rechaza;

25 - si al menos una pareja de triángulos 802A u 802B no contienen demasiada piel, una minoría con relación al resto de los píxeles de los triángulos, entonces el candidato se conserva.

30 Esto se explica por el hecho de que, en función de la orientación de la imagen, una u otra pareja de triángulos 802A y 802B deben estar incluidas casi completamente en el iris circular 805 y el blanco del ojo 303 que deben tener un color significativamente diferente de la piel de alrededor representada por el modelo MP2.

En este ejemplo de realización del procedimiento según la invención, las parejas de triángulos 802A y 802B presentan las características siguientes:

35 - la base de un triángulo se separa del borde de la zona roja 304 una distancia igual a 1/8 del diámetro de esta zona;

- la altura de un triángulo se iguala a la longitud de su base.

40 Cabe señalar que el modelo de piel original se describe en el documento "R.-L. Hsu, M. Andel-Mottaleb & A. K. Jain - Detección del Rostro en Imágenes a Color - en las Transacciones del IEEE, vol. 24, 696-706, 2002".

45 La figura 9 representa el modelo de piel extenso MP1 representado en un espacio de colores Cb/Cr. El modelo de piel extenso MP1 utilizado en la zona rectangular 801 es una elipse 901 en el espacio de color Cb/Cr. Según el color observado en la zona 801, son posibles distintos casos:

50 - si el color observado se sitúa en la elipse 901, se considera como que es el color de la piel del sujeto estudiado,

- si el color observado se sitúa fuera de una segunda elipse 902 cuya superficie es el 40% más grande que la de la primera elipse 901, es decir en una zona 803, entonces dicho color se considera como que no es el color de la piel del sujeto estudiado,

55 - si el color observado se sitúa entre la elipse 901 y la elipse 902, se calcula una probabilidad en función de la distancia entre dicho color y cada elipse 901 y 902.

60 Sin embargo, a fin de reducir la cantidad de cálculos con relación al documento de referencia, se simplifica la dependencia con una luminancia Y; se presentan entonces dos casos:

- si Y está por encima de un cierto umbral, entonces la probabilidad de tener piel se da directamente por el modelo Cb/Cr,

65 - si Y está por debajo del mismo umbral, entonces la probabilidad dada por el modelo Cb/Cr se multiplica por un factor dependiente de Y, de manera que las zonas muy oscuras tengan una probabilidad muy baja, sea cual sea su color.

## ES 2 335 251 T3

Mientras que la zona rectangular 801 se controla, las estadísticas se recogen a partir de los valores de Cb/Cr para los píxeles de la piel. En concreto:

- Cb y Cr son los valores medios de Cb y Cr,
- $\Sigma^2_{Cb}$  y  $\Sigma^2_{Cr}$  son las varianzas de Cb y Cr.

Estas estadísticas se ponderan por la probabilidad de que el color sea de la piel. Por ejemplo:

$$\overline{Cb} = \frac{\sum_{\mathbf{x}} Cb(\mathbf{x}) \cdot p(\mathbf{x})}{\sum_{\mathbf{x}} p(\mathbf{x})}$$

Estos valores nos permiten crear el modelo de piel restringido, que utilizamos calculando las varianzas de Cb y Cr en relación, respectivamente con su Cb y Cr:  $\Sigma_{\mathbf{x}}(Cb(\mathbf{x}) - \overline{Cb})^2$  y  $\Sigma_{\mathbf{x}}(Cr(\mathbf{x}) - \overline{Cr})^2$ .

Si una cantidad suficiente de píxeles en la zona 802 no son de la piel, al menos uno de ellos debe ser netamente mayor que la varianza correspondiente, a saber  $\Sigma^2_{Cb}$  o  $\Sigma^2_{Cr}$ .

En la práctica, se utiliza un umbral adaptable basado en el tamaño de la pupila:

- Si la pupila es pequeña, entonces se utiliza un umbral bajo. La razón es que si el ojo es pequeño, la zona de análisis es pequeña y corre riesgo de ser afectada por una fuga de color debido a la compresión en JPEG, o a los píxeles de la piel situados al borde de dicha zona. Además, si el candidato es pequeño, una mala detección no degradará demasiado la calidad de la imagen.
- Si la pupila es grande, entonces se utiliza un umbral elevado, ya que el iris y el blanco del ojo deben ser grandes y claramente visibles.

En consecuencia, si T es el umbral adaptado para el candidato 301 A, éste será considerado como un ojo 201 A si al menos una de las siguientes es verdadera en una de las parejas de triángulos 802A u 802B.

$$\sum_{\mathbf{x}} (Cb(\mathbf{x}) - \overline{Cb})^2 > \tau \times \Sigma^2_{Cb} \text{ or } \sum_{\mathbf{x}} (Cr(\mathbf{x}) - \overline{Cr})^2 > \tau \times \Sigma^2_{Cr}$$

La figura 10 representa una vista cercana de un ojo 1000 en el que se aplica la corrección 104 según la invención. Allí se puede distinguir:

- los píxeles en la zona 1001 que son completamente corregidos,
- los píxeles en la zona 1002 que son en parte corregidos en función de su distancia con relación al centro 1003 del ojo.

En efecto, una vez que el ojo es validado, es decir que la forma del candidato de ojo rojo 301 A es validada una segunda vez, hace falta sustituir el color rojo de la zona 304 por otro color. Teóricamente, éste debería ser negro. Sin embargo, sustituir todos los píxeles rojos por negro absoluto produce una impresión artificial, en particular cerca de los bordes. En consecuencia, hace falta sustituir por un color más o menos gris seleccionado en función del color de origen y de la distancia con relación al centro 1001 del ojo. Estas precauciones aseguran una transición suave entre la pupila oscura de la zona 1001 y los píxeles de alrededor de la zona 1002.

El color de sustitución para un píxel dado se proporciona por el método siguiente:

- Elegir un valor gris de sustitución  $\gamma$  en función del color del píxel considerado. Puesto que el efecto “ojos rojos” exagera generalmente la componente roja, definiremos este valor de gris como la media de las componentes verde g y azul b:  $\gamma = (b+g)/2$ . La corrección completa 104 sustituye las tres componentes de color r, g y b por  $\gamma$ .

## ES 2 335 251 T3

- Calcular un primer factor de ponderación  $\lambda_r$  en función de la naturaleza del píxel:

$$\lambda_r = \begin{cases} 0 & \text{if } r - g < \tau_0; \\ 1 & \text{if } r - g > \tau_1; \\ \frac{(r-g) - \tau_0}{\tau_1 - \tau_0} & \text{if } \tau_0 < r - g < \tau_1; \end{cases}$$

En este ejemplo de realización del procedimiento según la invención T0 se fija a 0 y T1 a 64.

- Calcular un segundo factor de ponderación  $\lambda_d$  en función de la posición del píxel en el centro del marco 804 delimitando al candidato de ojo rojo 301 A validado, de manera que  $\lambda_d$  vaya progresivamente de 1, si el píxel está en la elipse que engloba la pupila detectada, a 0 si el píxel está en el exterior de una elipse más grande;
- Sustituir cada componente C del color del píxel por la media ponderada de su valor de origen y el valor del gris:

$$c' = \lambda_r \lambda_d \times \gamma + (1 - \lambda_r \lambda_d) \times c$$

La figura 11 muestra una imagen 12 similar a ésta de la figura 2, pero presentando los ojos 1000A y 1000B corregidos con el procedimiento según la invención.

REIVINDICACIONES

1. El procedimiento (100) de detección (102) y corrección (104) automáticas de al menos un ojo rojo (201) de al menos un individuo (200) visible en una imagen inicial (10), dicha detección que consiste particularmente en distinguir una zona de piel correspondiente al rostro (202), una zona de ausencia de piel correspondiente al blanco del ojo (203) y al iris (805) y una zona roja correspondiente a la pupila (204), el procedimiento que incluye las etapas que consisten en:

- reducir (101) el tamaño de la imagen inicial para obtener una imagen reducida (11);
- detectar al menos un ojo rojo en la imagen reducida, por:
  - localización (102A) de al menos un candidato de ojo rojo (301) y obtención de las coordenadas (x; y) correspondientes,
  - validación o rechazo (102B) del candidato de ojo rojo en función de criterios de tamaño (702), de forma (704) y de presencia de piel en la proximidad media (705) y reducida (706) de dicho candidato;
- convertir (103), llegado el caso, las coordenadas del candidato de ojo rojo validado en la escala de la imagen inicial;
- corregir el enrojecimiento del candidato de ojo rojo validado en la sustitución por un color apropiado para obtener una imagen final (12),

**caracterizado** porque

- el criterio de presencia de piel en la proximidad media del candidato de ojo rojo utiliza un primer modelo colorimétrico de piel extensa (MP1) determinando las zonas correspondientes a la piel, y porque
- el criterio de presencia de piel en la proximidad reducida del candidato de ojo rojo utiliza un segundo modelo colorimétrico de piel (MP2) restringido, obtenido por el aprendizaje de los colores de la piel, que determina el tinte de la piel del individuo.

2. El procedimiento de detección y corrección automáticas del ojo rojo según la reivindicación precedente, **caracterizado** porque el criterio de forma, utilizado para la detección de al menos un ojo rojo, determina el carácter circular del candidato de ojo rojo en función de sus coordenadas.

3. El procedimiento de detección y corrección automáticas del ojo rojo según la reivindicación precedente, **caracterizado** porque el primer modelo de piel se utiliza en la proximidad media de la pupila, en una zona rectangular (801) que representa el rostro del individuo, dicha zona excluyendo, en su parte central, un rectángulo (804) que engloba la totalidad del ojo rojo y en el que no se busca detectar la presencia de piel.

4. El procedimiento de detección y corrección automáticas del ojo rojo según la reivindicación 3, **caracterizado** porque el segundo modelo de piel se aplica en el rectángulo que engloba la totalidad del ojo rojo, y en concreto en una zona constituida por una pareja de triángulos simétricos (802A; 802B) con relación al centro (803) de dicha pupila.

5. El procedimiento de detección y corrección automáticas del ojo rojo según la reivindicación precedente, **caracterizado** porque la pareja de triángulos, situados en la periferia de la pupila, gira alrededor del centro de dicha pupila, hasta lograr una posición donde dichas parejas de triángulos contienen una minoría de píxeles de piel.

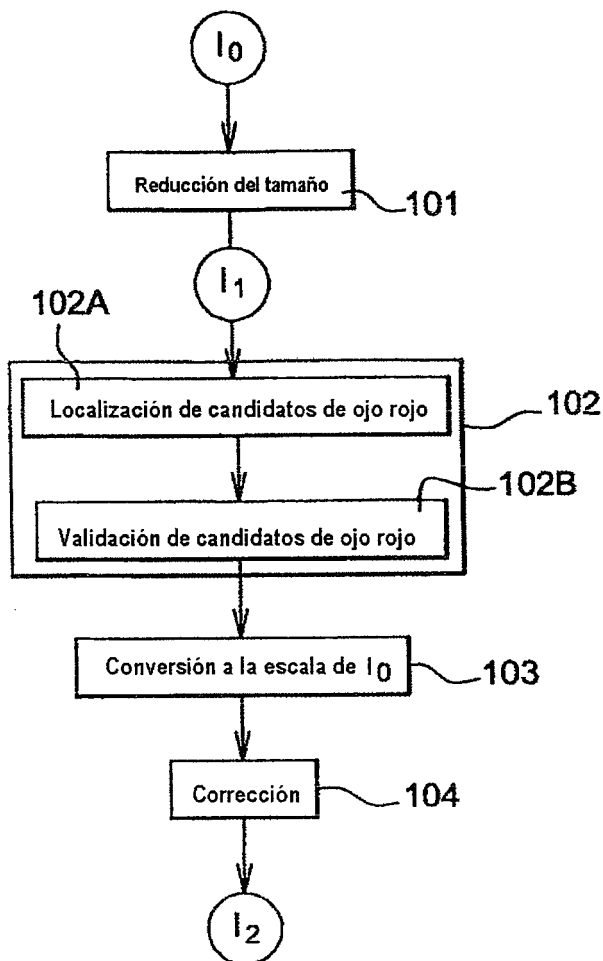
6. El procedimiento de detección y corrección automáticas del ojo rojo según una al menos de las reivindicaciones 3 a 5, **caracterizado** porque el segundo modelo de piel se obtiene por la realización de una media ponderada de los valores de los píxeles de la piel contenidos en la zona rectangular que representa el rostro del individuo.

7. El procedimiento de detección y corrección automáticas del ojo rojo según una al menos de las reivindicaciones 4 a 6, **caracterizado** porque dicha corrección, aplicada a cada píxel del candidato validado una primera vez, consiste particularmente en:

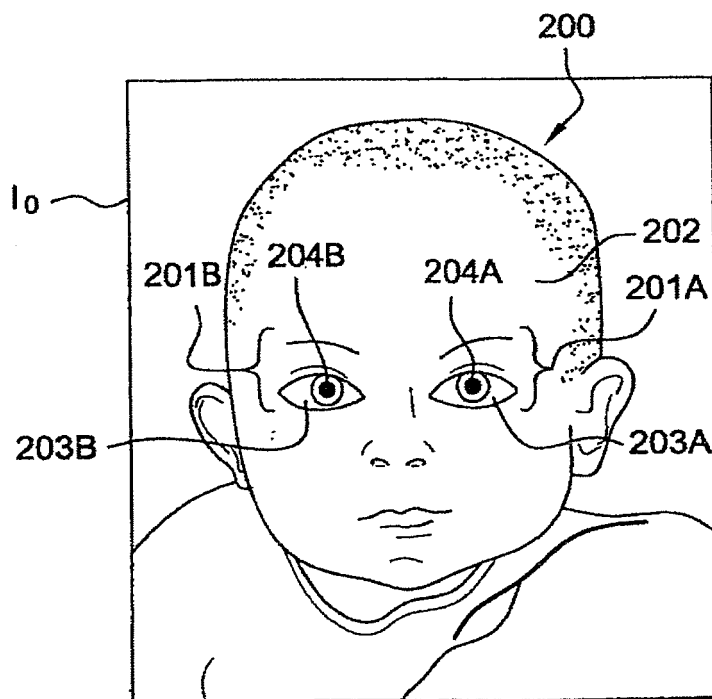
- validar (501) una segunda vez la forma del candidato,
- calcular (505) la distancia entre cada píxel y el centro de la pupila,
- elegir (506) un nivel de gris de sustitución ( $\gamma$ ) para cada píxel,
- aplicar (507) a cada píxel del candidato validado el nivel de gris elegido.

## ES 2 335 251 T3

8. El procedimiento de detección y corrección automáticas del ojo rojo según la reivindicación precedente, **caracterizado** porque el nivel de gris de sustitución es elegido en función del valor de las componentes verde (g) y azul (b) de cada píxel del candidato validado.
- 5 9. El procedimiento de detección y corrección automáticas del ojo rojo según al menos una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque el nivel de gris de sustitución es elegido en función de la distancia entre el píxel y el centro de la pupila.
- 10 10. El procedimiento de detección y corrección automáticas del ojo rojo según al menos una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque la detección de al menos un ojo rojo se realiza particularmente empezando por establecer una tarjeta de enrojecimiento (201) de la imagen considerada.
- 15 11. El procedimiento de detección y corrección automáticas del ojo rojo según al menos una de las reivindicaciones 9 o 10, **caracterizado** porque la tarjeta de enrojecimiento establecida se presenta bajo la forma de una imagen en niveles de gris en aquel valor atribuido a cada píxel depende de los valores de las componentes roja, verde (g) y azul (b) de la imagen reducida, dichos valores atribuidos a cada píxel siendo entonces iguales a un valor T que responde a la ecuación:  $T = \max(r - g, 0)$ .
- 20 12. El procedimiento de detección y corrección automáticas del ojo rojo según al menos una de las reivindicaciones 9, 10 u 11, **caracterizado** porque la tarjeta de enrojecimiento establecida se segmenta en regiones rojas (R).
- 25 13. El procedimiento de detección y corrección automáticas del ojo rojo según la reivindicación precedente, **caracterizado** porque las regiones rojas se fusionan entre ellas si la distancia que las separa no excede de tres píxeles.
- 30 14. El procedimiento de detección y corrección automáticas del ojo rojo según al menos una de las reivindicaciones 12 o 13, **caracterizado** porque las regiones rojas, una vez localizadas y fusionadas entre ellas, constituyen los candidatos de ojo rojo a validar o rechazar posteriormente.
- 35 15. El procedimiento de detección y corrección automáticas del ojo rojo según al menos una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque la validación de la forma de los candidatos de ojo rojo se realizan calculando los momentos invariantes.
- 40 16. El procedimiento de detección y corrección automáticas del ojo rojo según al menos una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque las dimensiones de la imagen reducida se eligen para obtener un tamaño del entorno de cuatrocientos mil píxeles, cualquiera que sea el tamaño de la imagen inicial.
- 45 17. El procedimiento de detección y corrección automáticas del ojo rojo según la reivindicación precedente, **caracterizado** porque el criterio de tamaño, utilizado para la detección de al menos un ojo rojo, determina el tamaño del candidato de ojo rojo en función de sus coordenadas.
- 50
- 55
- 60
- 65



**Fig. 1**



**Fig. 2**

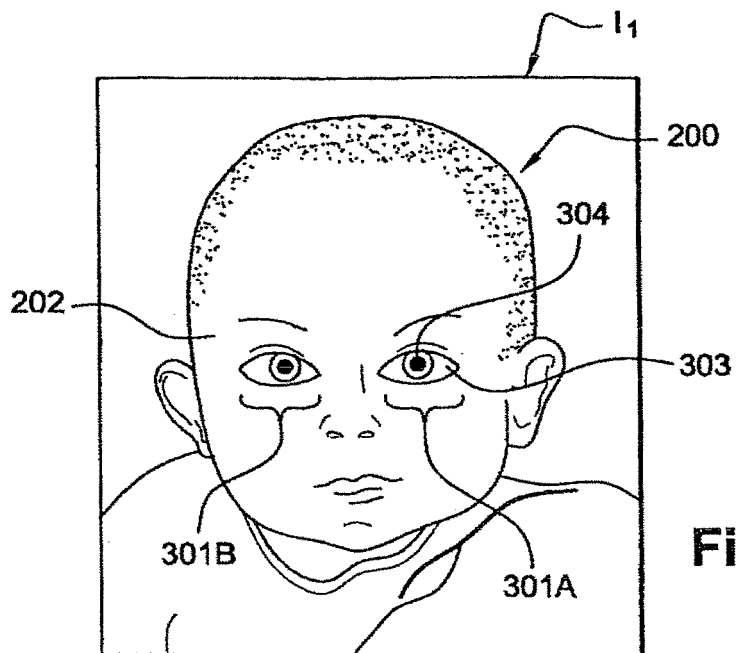


Fig. 3

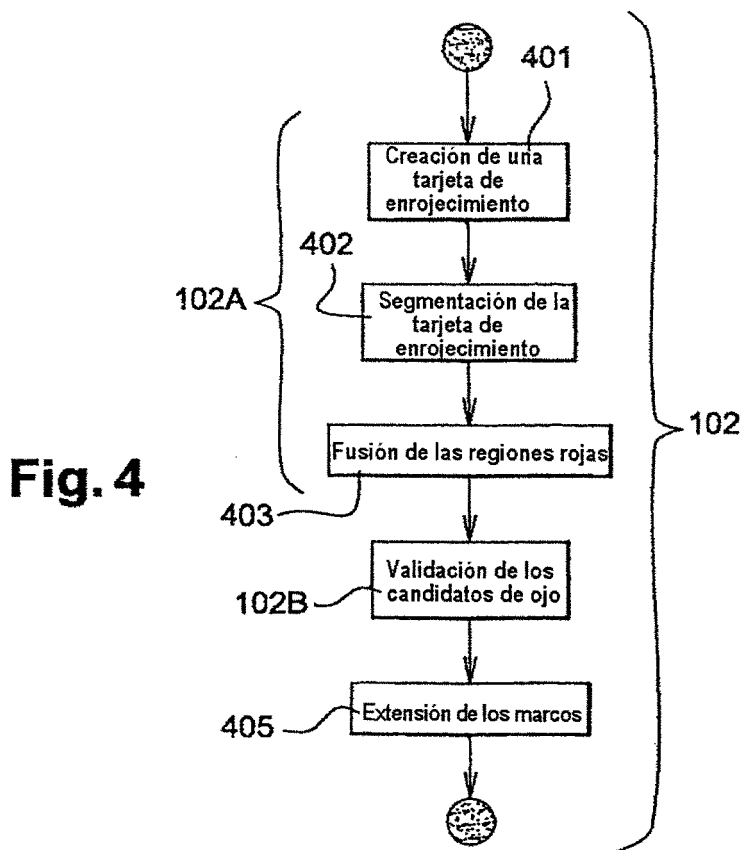


Fig. 4

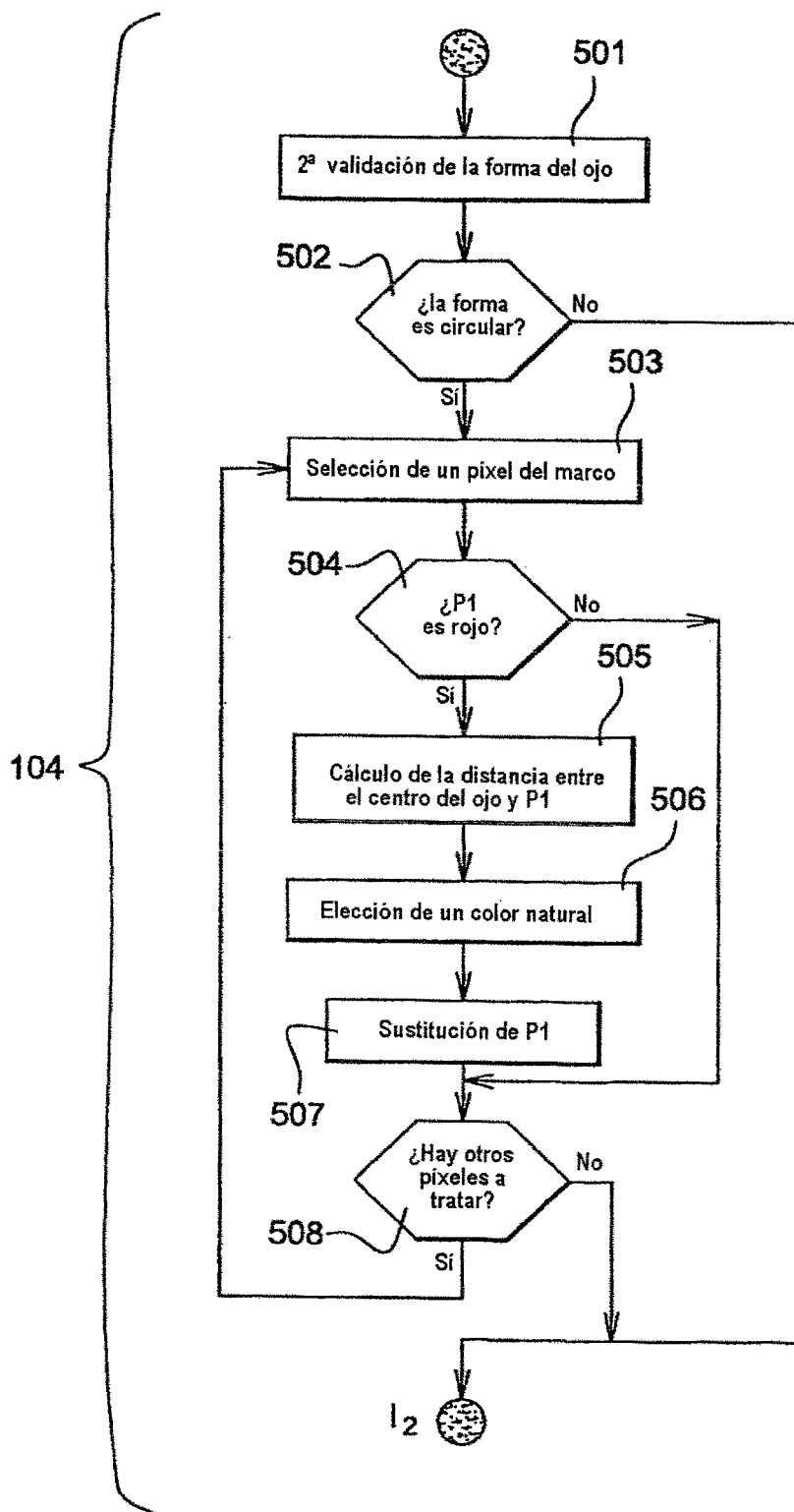


Fig. 5

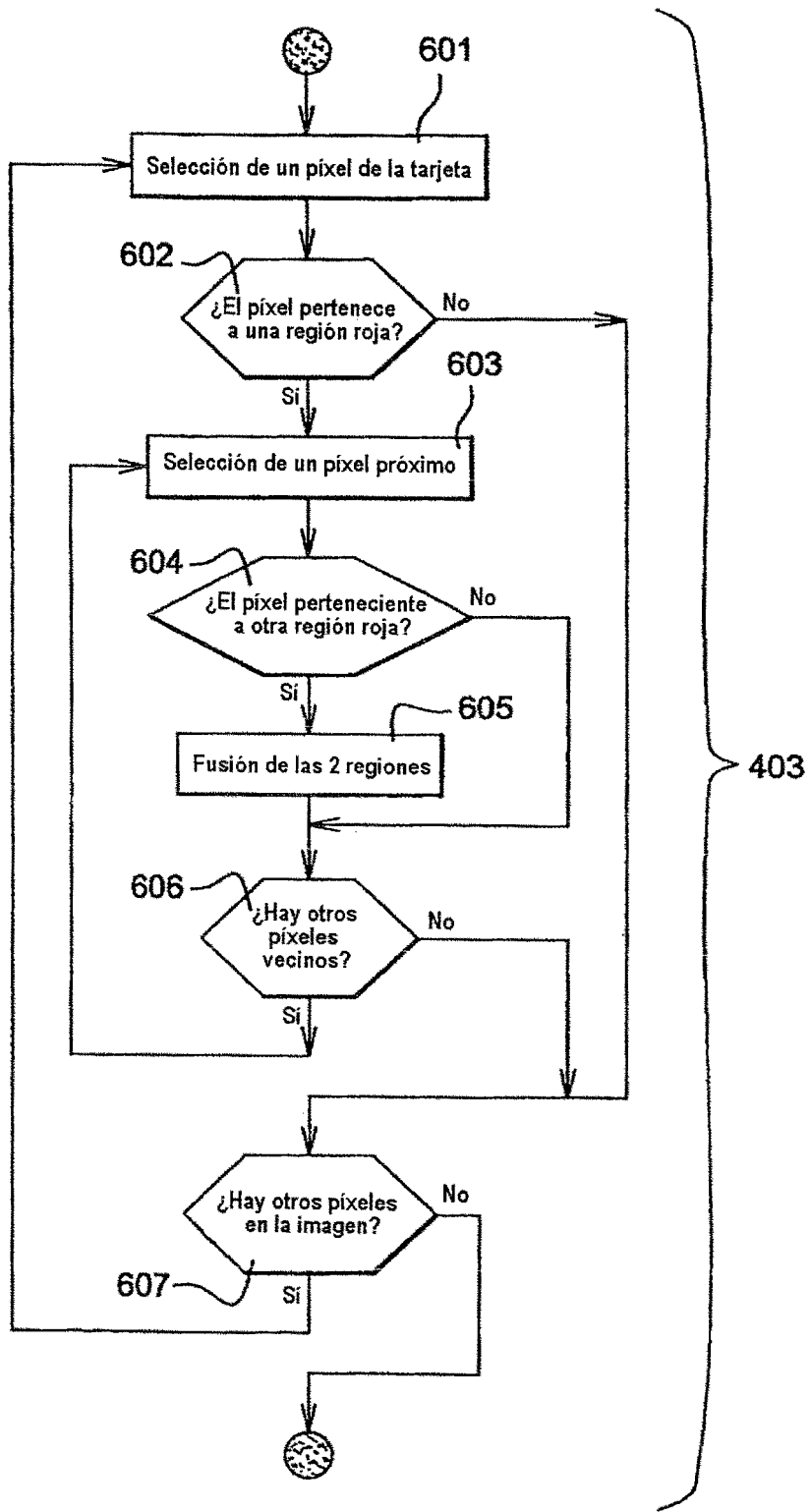


Fig. 6

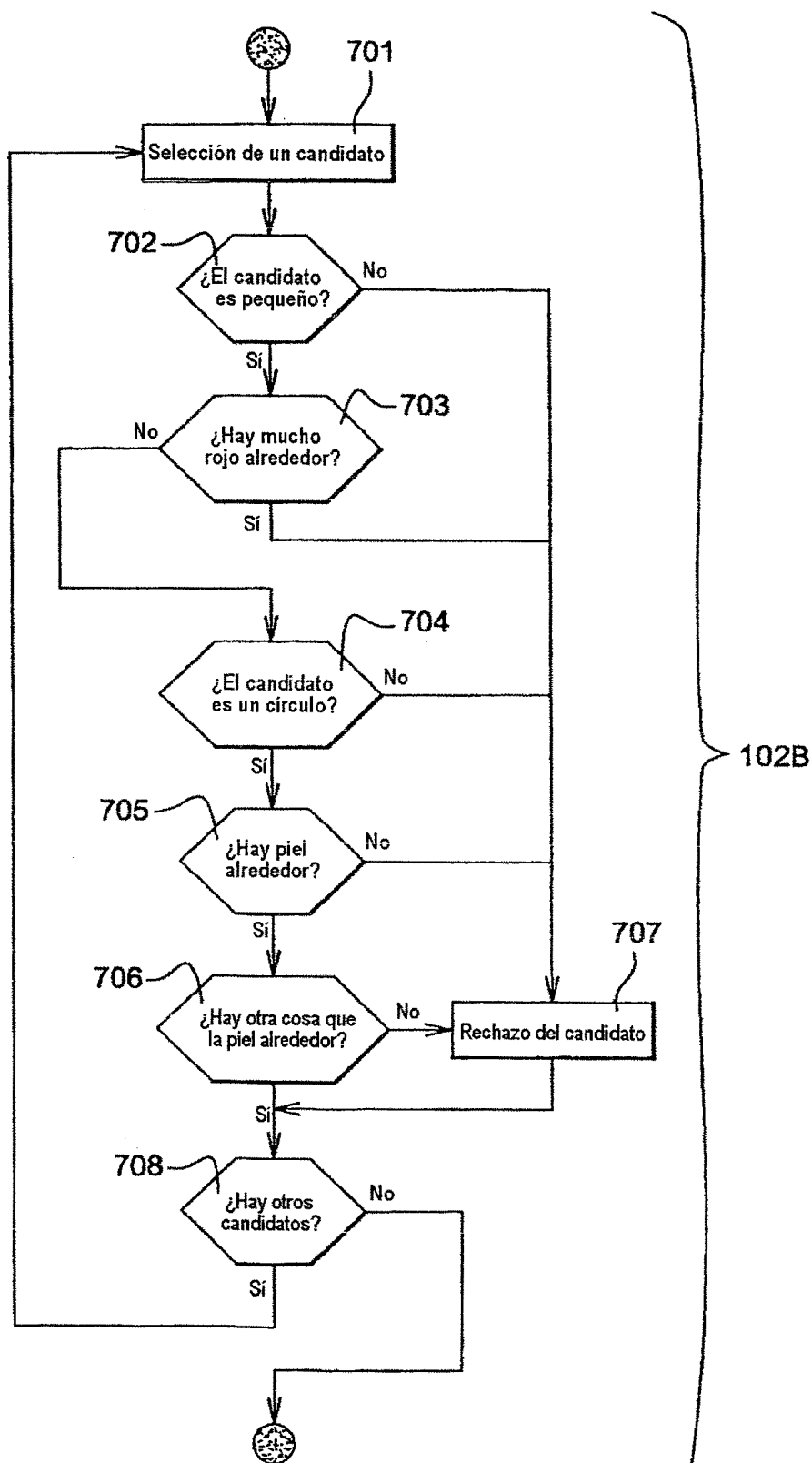
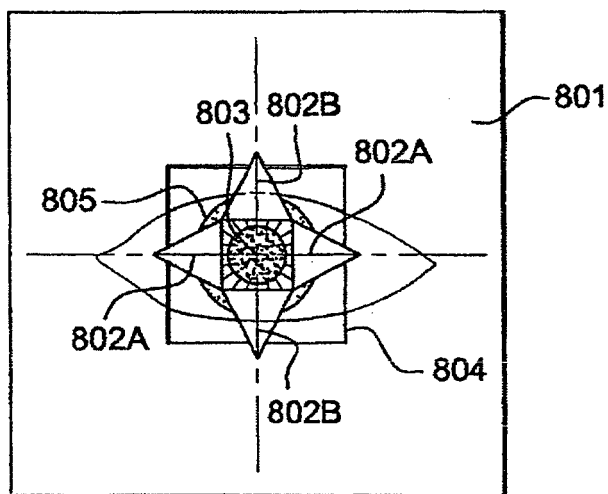
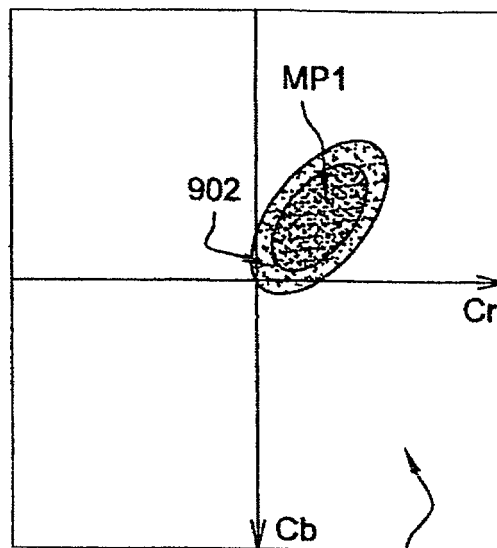


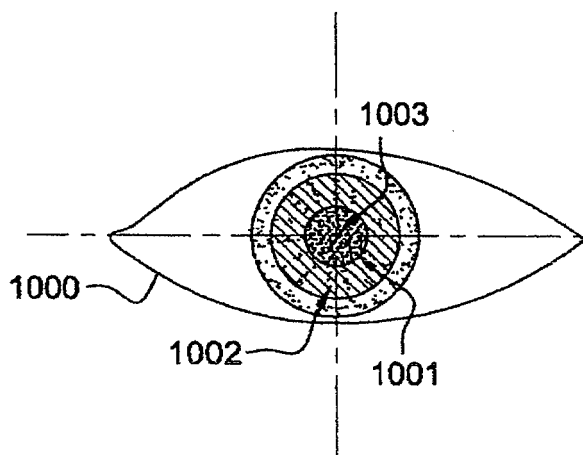
Fig. 7



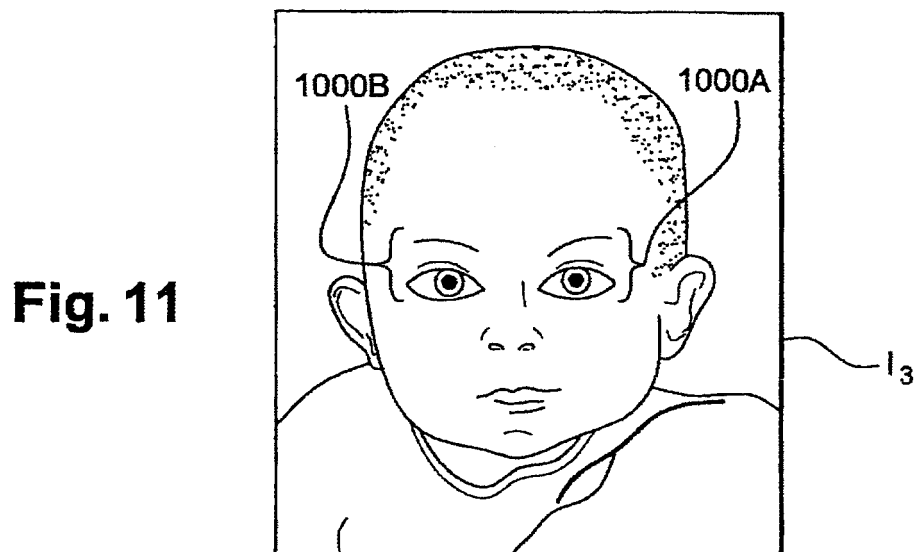
**Fig. 8**



**Fig. 9**



**Fig. 10**



**Fig. 11**