

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 609 050**

51 Int. Cl.:

**G06K 9/00**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.01.2015** **E 15152049 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.10.2016** **EP 2902943**

54 Título: **Procedimiento de validación de la utilización de un dedo auténtico como soporte de una huella dactilar**

30 Prioridad:

**04.02.2014 FR 1450834**

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

**18.04.2017**

73 Titular/es:

**MORPHO (100.0%)  
11 Boulevard Galliéni  
92130 Issy-les-Moulineaux, FR**

72 Inventor/es:

**THIEBOT, M. ALAIN;  
THOUY, BENOÎT;  
BOULANGER, JEAN-FRANÇOIS y  
DOUBLET, JULIEN**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 609 050 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 validación de la utilización de un dedo auténtico como soporte de una huella dactilar

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de validación de la utilización de un dedo auténtico como soporte de una huella dactilar, así como a un dispositivo de validación que lleva a la práctica tal procedimiento, tal como se describe, por ejemplo, en el documento US 2010/0066697.

Un dispositivo de identificación de un individuo por su huella dactilar consiste en un sensor, un medio de comparación, un medio de toma de decisión.

10 El sensor presenta una superficie de captura que sirve de apoyo al dedo y a través de la cual es capturada una imagen de la huella dactilar del dedo. El medio de comparación compara la imagen capturada o las plantillas biométricas que se derivan de la imagen con las imágenes o las plantillas biométricas de una base de datos que agrupa las imágenes o plantillas de personas registradas previamente en el dispositivo de identificación. El medio de toma de decisión está destinado a tomar una decisión en lo que respecta a la identificación del individuo a partir del resultado de las comparaciones.

15 Por lo común, existen varias tecnologías dentro del campo de los sensores de huellas dactilares para capturar las imágenes del dedo en contacto con una superficie de adquisición, en particular, tecnologías ópticas, capacitivas, de mediciones de campos eléctricos, térmicas, ultrasónicas o también por medición de presión.

Ciertos individuos malintencionados intentan hacerse identificar de manera fraudulenta utilizando señuelos con el fin de inducir a error el dispositivo de identificación.

20 Se conocen diferentes procedimientos de validación para validar el hecho de que el dedo portador de la huella dactilar es un dedo auténtico.

En particular, se conoce utilizar la deformación del dedo sobre el sensor para verificar si esta corresponde realmente a piel, cuyas características de elasticidad son diferentes de las de los materiales utilizados para realizar los señuelos.

25 En particular, se conoce girar el dedo sobre la superficie de captura con el fin de inducir una distorsión de la imagen, lo cual permite analizar la elasticidad de la piel o del material soporte del fraude.

Pero tal procedimiento no es muy ergonómico, ya que tal movimiento tiene que explicarse al individuo que quiere hacerse identificar, cosa que no es concebible, por ejemplo, en el caso de un dispositivo de identificación que no está supervisado.

30 Es un objeto de la presente invención proponer un procedimiento de validación que permite validar la utilización de un dedo auténtico como portador de una huella dactilar que no presente los inconvenientes del estado de la técnica y que, en particular, presente una gran ergonomía para el individuo.

35 A tal efecto, se propone un procedimiento de validación de la utilización de un dedo auténtico como soporte de una huella dactilar, puesto en práctica mediante un dispositivo de validación que incluye una superficie de captura sobre la cual viene a apoyarse dicho soporte, un sensor destinado a capturar una imagen de la huella dactilar, un módulo de procesamiento y un módulo de toma de decisión, incluyendo dicho procedimiento de validación:

- una etapa de posicionamiento en cuyo transcurso se pone el soporte apoyado contra la superficie de captura,
- una etapa de captura en cuyo transcurso el sensor captura una imagen, llamada capturada, de la huella,
- 40 - una etapa de filtrado en cuyo transcurso el módulo de procesamiento transforma la imagen capturada en una imagen resultante mediante paso a través de un filtro paso bajo cuya frecuencia de corte es muy inferior a la frecuencia de las crestas de una huella,
- una etapa de localización en cuyo transcurso el módulo de procesamiento localiza, en la imagen resultante, un punto origen O con el píxel cuya intensidad es representativa de la presión máxima que se ejerce sobre el soporte,
- 45 - una etapa de verificación en cuyo transcurso el módulo de procesamiento verifica que, en la imagen resultante, para una pluralidad de radios dimanados del punto origen O, y para cada uno de dichos radios, para una pluralidad de puntos M, la intensidad del píxel de cada punto M de dicho radio es representativa de una disminución de la presión que se ejerce sobre el soporte a medida que aumenta la distancia del punto origen O al punto M, y
- 50 - una etapa de toma de decisión en cuyo transcurso el módulo de toma de decisión toma una decisión en lo que respecta a la validez del soporte en función de los resultados de la etapa de verificación.

Ventajosamente, dicha frecuencia de corte es del orden de 0,1 a 1 ciclo por mm.

Ventajosamente, la etapa de verificación consiste en verificar que, a partir del punto origen O y sobre cada radio dimanado del punto origen O, el gradiente de intensidad de cada punto M es negativo.

5 Ventajosamente, la etapa de toma de decisión se basa en un criterio acumulativo denotado por  $Dism(P, O)$  y que representa la desviación del perfil de intensidad del perfil real de intensidad P respecto al modelo teórico de intensidad centrado en O de un dedo auténtico y en una comparación de esta desviación  $Dism(P, O)$  con respecto a un umbral.

Ventajosamente, la desviación  $Dism(P, O)$  viene dada por la fórmula:

$$Dism(P, O) = \frac{1}{Área(P)} \int_0^{2\pi} \int_0^{R_{\max}} L\left(\nabla_r^O P(r, \theta)\right) dr.d\theta \quad (3)$$

10 donde:

- $\nabla_r^O P(r, \theta)$  es la proyección sobre la base local radial en M relativa a O del gradiente de intensidad en el punto M de la imagen resultante de coordenadas polares  $(r, \theta)$ ,
- L es una función nula en  $\mathbb{R}^-$  y creciente en  $\mathbb{R}^+$ ,
- $R_{\max}$  es la distancia máxima entre el punto origen O y cualquier punto M de la imagen resultante, y
- 15 -  $Área(P)$  es el área de la región que se considere alrededor del punto M.

Ventajosamente, el procedimiento de validación incluye una etapa de preprocesamiento destinada a mejorar la reproducción de la imagen resultante, entre la etapa de captura y la etapa de filtrado.

De acuerdo con una forma particular de realización, la etapa de preprocesamiento consiste en aplicar a los píxeles  $(x, y)$  de la imagen capturada una función  $F(x, y)$  definida por la fórmula:

$$20 \quad F(x, y) = (255 - p(x, y)) \cdot \frac{R_r(x, y)}{R_{ir}(x, y)} \quad (7)$$

donde, cuando el píxel  $(x, y)$  no pertenece a los píxeles de las crestas,  $R_r(x, y)$  es igual al valor medio de las anchuras locales de crestas adyacentes a ambos lados del valle que incluye el píxel, a nivel de dicho píxel, y donde, cuando el píxel  $(x, y)$  pertenece a los píxeles de las crestas,  $R_r(x, y)$  vale la anchura local de la cresta en ese píxel  $(x, y)$ , y

25 donde, cuando el píxel  $(x, y)$  no pertenece a los píxeles de los valles,  $R_{ir}(x, y)$  es igual al valor medio de las anchuras locales de valles adyacentes a ambos lados de la cresta que incluye ese píxel, a nivel de dicho píxel, y donde, cuando el píxel  $(x, y)$  pertenece a los píxeles de los valles,  $R_{ir}(x, y)$  vale la anchura local del valle en ese píxel  $(x, y)$ .

De acuerdo con otra forma particular de realización, la etapa de preprocesamiento consiste en aplicar a los píxeles  $(x, y)$  de la imagen capturada una función  $F(x, y)$  definida por la fórmula:

$$30 \quad F(x, y) = (255 - p(x, y)) \cdot \frac{R_r(x, y)}{R_{ir}(x, y)} \quad (7)$$

donde, cuando el píxel  $(x, y)$  no pertenece al esqueleto de las crestas,  $R_r(x, y)$  es nulo, y donde, cuando el píxel  $(x, y)$  pertenece al esqueleto de las crestas,  $R_r(x, y)$  vale la anchura local de la cresta en ese píxel  $(x, y)$ ,

donde, cuando el píxel  $(x, y)$  no pertenece al esqueleto de los valles,  $R_{ir}(x, y)$  es nulo, y donde, cuando el píxel  $(x, y)$  pertenece al esqueleto de los valles,  $R_{ir}(x, y)$  vale la anchura local del valle en ese píxel  $(x, y)$ .

35 De acuerdo con otra forma particular de realización, la etapa de preprocesamiento consiste en aplicar a los píxeles  $(x, y)$  de la imagen capturada una función  $F(x, y)$  definida por la fórmula:

$$F(x, y) = (255 - p(x, y)) \cdot \frac{R_r(x, y)}{R_{ir}(x, y)} \quad (7)$$

donde  $R_r(x, y)$  es el número de píxeles de crestas en una zona centrada en el píxel  $(x, y)$ , y

donde  $R_{ii}(x, y)$  es el número de píxeles de valles en una zona centrada en el píxel  $(x, y)$ .

Ventajosamente, la etapa de localización consiste en elegir el punto origen O como el punto de la imagen resultante que presenta la intensidad más grande.

Asimismo, la invención propone un dispositivo de validación que incluye:

- 5 - una superficie de captura sobre la cual viene a apoyarse dicho soporte,
- un sensor destinado a capturar una imagen de la huella dactilar,
- un módulo de procesamiento que incluye:
  - medios de filtrado destinados a transformar la imagen capturada en una imagen resultante mediante paso a través de un filtro paso bajo cuya frecuencia de corte es muy inferior a la frecuencia de las crestas de una huella,
  - 10 - medios de localización destinados a localizar, en la imagen resultante, un punto origen O con el píxel cuya intensidad es representativa de la presión máxima que se ejerce sobre el soporte,
  - medios de verificación destinados a verificar que, en la imagen resultante, para una pluralidad de radios dimanados del punto origen O, y para cada uno de dichos radios, para una pluralidad de puntos M, la intensidad del píxel de cada punto M de dicho radio es representativa de una disminución de la presión que se ejerce sobre el soporte a medida que aumenta la distancia del punto origen O al punto M, y
  - 15 - un módulo de toma de decisión destinado a tomar una decisión en lo que respecta a la validez del soporte en función de los resultados transmitidos por los medios de verificación.

Las características de la invención antes mencionadas, así como otras, se pondrán más claramente de manifiesto con la lectura de la siguiente descripción de un ejemplo de realización, descripción que se lleva a cabo en relación con los dibujos adjuntos, de los cuales:

- 20 la Fig. 1 es una representación esquemática de un dispositivo de validación según la invención,
- la Fig. 2 es una imagen de una huella dactilar capturada por un dispositivo de validación según la invención,
- la Fig. 3 es un algoritmo de un procedimiento de validación según la invención,
- la Fig. 4 es una imagen de la huella dactilar de la Fig. 2, tal como resulta modificada en el transcurso del procedimiento de validación, y
- 25 la Fig. 5 muestra un esquema que sirve de soporte de cálculo.

Un dedo auténtico presenta una elasticidad particular que hace que, cuando se presiona contra una superficie de captura, presenta una deformación homogénea que consiste en una zona de presión máxima y un descenso de la presión según nos vamos alejando de esta zona. La unicidad de esta zona proviene del hecho de que tan solo se puede ejercer una presión constante en todo el dedo, y la forma cilíndrica del dedo hace que la presión disminuya al acercarse a los bordes del dedo.

30 Cuando un dedo está recubierto con un señuelo o el dedo es falso, la elasticidad del señuelo es diferente de la elasticidad de un dedo auténtico, y el señuelo, cuando se presiona contra una superficie de captura, no se deforma de manera homogénea y, entonces, existen varias zonas de grandes presiones separadas por zonas de pequeñas presiones.

35 Por lo tanto, el principio de la invención consiste en buscar un punto origen de gran presión, y en verificar que a partir de este punto origen, la presión disminuye.

La Fig. 1 muestra un dispositivo de validación 100 que está destinado a validar la utilización de un dedo auténtico como portador de una huella dactilar.

- 40 El dispositivo de validación 100 incluye:
  - una superficie de captura 102 sobre la cual se pone apoyado un soporte 10 portador de una huella dactilar,
  - un sensor 104 destinado a capturar la imagen de la huella dactilar a través de la superficie de captura 102,
  - un módulo de procesamiento 106 destinado a recibir la imagen de la huella dactilar capturada por el sensor 104 y a procesarla tal como seguidamente se describe, y
  - 45 - un módulo de toma de decisión 108 destinado a tomar una decisión acerca del hecho de que el soporte 10 es un dedo auténtico o un dedo falso, a partir de la información transmitida por el módulo de procesamiento 106.

La Fig. 2 es una imagen capturada 200 de una huella tal y como es capturada por el sensor 104 y transmitida al módulo de procesamiento 106. Convencionalmente, la huella presenta crestas y valles. En el presente caso, la imagen capturada 200 está en nivel de gris y las crestas figuran, en el presente caso, en negro sobre fondo blanco.

5 La Fig. 4 muestra una imagen 400 que resulta del paso de la imagen capturada 200 por una etapa de filtrado (306, Fig. 3). Las crestas y los valles ya no son discernibles. La imagen 400 es representativa de las presiones que se ejercen en todos los puntos del soporte 10 y en adelante se denomina la imagen resultante 400. En la forma de realización de la invención presentada en el presente caso, cuanto más clara sea la zona de la imagen resultante 400, mayor será la presión que se ejerce en esta zona.

10 La Fig. 3 es un algoritmo de un procedimiento de validación 300 puesto en práctica por el dispositivo de validación 100.

El procedimiento de validación 300 incluye:

- una etapa de posicionamiento 302 en cuyo transcurso se pone el soporte 10 portador de la huella apoyado contra la superficie de captura 102,
- una etapa de captura 304 en cuyo transcurso el sensor 104 captura la imagen capturada 200 de la huella,
- 15 - una etapa de filtrado 306 en cuyo transcurso el módulo de procesamiento 106 transforma la imagen capturada 200 en la imagen resultante 400, mediante paso a través de un filtro paso bajo cuya frecuencia de corte es muy inferior a la frecuencia de las crestas de una huella,
- una etapa de localización 308 en cuyo transcurso el módulo de procesamiento 106 localiza, en la imagen resultante 400, un punto origen O con el píxel cuya intensidad es representativa de la presión máxima que se ejerce sobre el soporte 10,
- 20 - una etapa de verificación 310 en cuyo transcurso el módulo de procesamiento 106 verifica que, en la imagen resultante 400, para una pluralidad de radios 402 dimanados del punto origen O, y para cada uno de dichos radios 402, para una pluralidad de puntos M, la intensidad del píxel de cada punto M de dicho radio 402 es representativa de una disminución de la presión que se ejerce sobre el soporte 10 a medida que aumenta la distancia del punto origen O al punto M, y
- 25 - una etapa de toma de decisión 312 en cuyo transcurso el módulo de toma de decisión 108 toma una decisión en lo que respecta a la validez del soporte 10 en función de los resultados de la etapa de verificación 310.

Por lo tanto, el procedimiento de validación 300 permite una utilización sin restricciones para la persona que presenta su dedo 10.

30 El filtro paso bajo será, por ejemplo, un filtro gaussiano, un filtro medio, un filtro promediador o cualquier otro filtro que permita conservar tan solo la información de baja frecuencia de la imagen capturada 200.

La etapa de localización 308 consiste en elegir el punto origen O como el punto de la imagen resultante 400 que presenta la intensidad más grande.

El módulo de procesamiento 106 incluye:

- 35 - medios de filtrado destinados a transformar la imagen capturada 200 en la imagen resultante 400 mediante paso a través de un filtro paso bajo cuya frecuencia de corte es muy inferior a la frecuencia de las crestas de una huella,
- medios de localización destinados a localizar, en la imagen resultante 400, un punto origen O con el píxel cuya intensidad es representativa de la presión máxima que se ejerce sobre el soporte 10,
- 40 - medios de verificación destinados a verificar que, en la imagen resultante 400, para una pluralidad de radios 402 dimanados del punto origen O, y para cada uno de dichos radios 402, para una pluralidad de puntos M, la intensidad del píxel de cada punto M de dicho radio 402 es representativa de una disminución de la presión que se ejerce sobre el soporte 10 a medida que aumenta la distancia del punto origen O al punto M.

45 El módulo de toma de decisión 108 está destinado a tomar una decisión en lo que respecta a la validez del soporte 10 en función de los resultados transmitidos por los medios de verificación.

Una huella presenta, convencionalmente, una frecuencia de crestas del orden de 1,5 a 3 ciclos por mm y, para obtener una imagen tratable tras la etapa de filtrado 306, la frecuencia de corte que se aplica en esta etapa de filtrado 306 es del orden de 0,1 a 1 ciclo por mm y, más en particular, de 0,5 ciclos por mm.

50 En la imagen resultante 400, la intensidad de cada píxel es representativa de la presión que se ejerce sobre el punto del soporte 10 cuya imagen es dicho píxel.

De acuerdo con otra forma particular de realización de la invención, la etapa de verificación 310 consiste en utilizar los gradientes de intensidad de los píxeles en el seno de la imagen resultante 400 y en verificar que, a partir del punto origen O y en cada radio 402 que dimana del punto origen O, el gradiente de intensidad de cada punto M orientado en la dirección OM es negativo. Si el gradiente es positivo al alejarnos del punto origen O, esto es una indicación de que el soporte 10 es puede ser un dedo falso. El gradiente de intensidad corresponde al gradiente de presión que se ejerce sobre el soporte 10.

Por cuanto que puede suceder que, incluso con un dedo auténtico, el gradiente ascienda ligeramente en una porción de un radio 402, por ejemplo a causa de una particularidad del dedo (cicatriz,...), o de iluminación parásita, la etapa de toma de decisión 312 se basa preferiblemente en un criterio acumulativo denotado por  $Dism(P, O)$  y que representa la desviación del perfil de intensidad del perfil real de intensidad P respecto al modelo teórico de intensidad centrado en O de un dedo auténtico y en una comparación de esta desviación con respecto a un umbral.

Si la desviación  $Dism(P, O)$  es superior al umbral, entonces el soporte 10 se considera un dedo falso y, si la desviación  $Dism(P, O)$  es inferior al umbral, entonces el soporte 10 se considera un dedo auténtico. El resultado de la comparación entre el umbral y la desviación  $Dism(P, O)$  sirve de base en el transcurso de la etapa de toma de decisión 312.

Consiste un método en trabajar en una base local radial en cada punto M de la imagen resultante 400. La base local radial en M relativa a O es la base  $(\vec{r}, \vec{t})$  tal que  $\vec{r} = \frac{O\vec{M}}{\|OM\|}$  y  $\vec{t}$  es el vector unitario ortogonal a  $\vec{r}$  tal que  $(O, \vec{r}, \vec{t})$  sea una referencia directa.

M es un punto en la imagen resultante 400, y se denota por  $\vec{\nabla}(M)$  el gradiente de intensidad en M. Este gradiente expresado en la referencia imagen se puede proyectar sobre la base local radial en M relativa a O y su proyección sobre la base local radial en M relativa a O en el vector  $\vec{r}$  se escribe  $\nabla_r^O(M)$ .

En el caso de un dedo auténtico, es decir, en el caso de un perfil de intensidad ideal, el perfil de intensidad normalmente incluye un único máximo local denotado por O y, entonces, todo gradiente local proyectado en su base local radial en M relativa a O es y, así, se ajusta a la ecuación:

$$\forall M, \nabla_r^O P(M) \leq 0 \quad (1)$$

donde P(M) es la intensidad en el punto M.

Así,  $\nabla_r^O P(M)$  es la proyección sobre la base local radial en M relativa a O del gradiente de intensidad en el punto M de la imagen resultante 400.

Considerando la referencia de coordenadas polares de centro O, las coordenadas del punto M dentro de esta referencia son  $(r, \theta)$  y la ecuación (1) se escribe:

$$\forall M(r, \theta), r > 0, \theta \in [0, 2\pi], \nabla_r^O P(r, \theta) \leq 0 \quad (2)$$

Lo cual corresponde al hecho de que el perfil de gradiente de intensidad siguiendo cualquier radio 402 que parte del punto origen O es decreciente.

Se escoge una función real L tal que sea nula en  $\mathbb{R}^-$  y creciente en  $\mathbb{R}^+$ .

Por ejemplo, se puede escoger la función L tal que:

$$L(x) = \begin{cases} x & \text{si } x > 0 \\ 0 & \text{si } x \leq 0 \end{cases}$$

L es una función de selección de los gradientes positivos, pero otra función podría permitir ponderar los gradientes en función de su intensidad.

Entonces, la desviación  $Dism(P, O)$  viene dada por la fórmula:

$$Dism(P, O) = \frac{1}{\text{Área}(P)} \int_0^{2\pi} \int_0^{R_{\max}} L\left(\nabla_r^O P(r, \theta)\right) dr.d\theta \quad (3)$$

donde  $R_{\max}$  es la distancia máxima entre el punto origen O y todo punto M de la imagen resultante 400 y donde  $\text{Área}(P)$  es el área de la región que se considere alrededor del punto M y que, en el presente caso, está en píxel.

- 5 Se pueden utilizar varios métodos para calcular la desviación  $Dism(P, O)$ . Cada método de cálculo ofrece un compromiso entre la velocidad de cálculo y la exactitud del cálculo. Dicho de otro modo, es posible escoger todos los puntos M para tener un valor muy preciso de la desviación  $Dism(P, O)$ , pero, en este caso, el cálculo es lento, o es posible limitar el número de puntos M para tener un cálculo rápido, pero en detrimento de la precisión en el cálculo.

Para calcular exactamente la integral, para cada píxel M de la imagen resultante 400, el gradiente de intensidad local es calculado y proyectado sobre la base radial relativa al punto origen O.

- 10 Se efectúa la suma de todas las proyecciones locales de los gradientes  $\nabla_r^O P(r, \theta)$  que son estrictamente positivos. En coordenadas cartesianas, y tomando una anchura W y una altura H para la imagen resultante 400, la fórmula (3) se escribe:

$$Dism(P, O) = \frac{1}{\text{Área}(P)} \sum_{x=0}^W \sum_{y=0}^H \text{Área}(M(x, y)) \cdot L\left(\nabla_r^O P(x, y)\right) \quad (4)$$

donde L es la función antes definida y que tan solo conserva los valores positivos.

- 15 Esto equivale a calcular los gradientes locales sobre toda la imagen resultante 400 y a sumar las proyecciones sobre las bases radiales locales que son positivas.

$\text{Área}(M(x, y))$  es el área de cada zona centrada en el punto M(x, y) sobre la cual se calcula el gradiente. En el presente caso, esta área es igual a un píxel, pero es posible submuestrear el cálculo, con el fin de no considerar todos los píxeles y acelerar el cálculo y, en este caso, el área es superior a 1.

- 20 Otro método consiste en muestrear los ángulos de integración y calcular los gradientes únicamente siguiendo los radios escogidos. Siguiendo cada radio, se calculan los gradientes locales con un método de interpolación, y luego se calcula la suma de los gradientes positivos. Cada gradiente puede ser ponderado por el área del sector de corona que representa. Por ejemplo, en el caso en el que los puntos de cálculo de los gradientes son muestreados de manera uniforme con un paso de 1 píxel, y en el que se escogen  $\Theta$  ángulos muestreados uniformemente en el intervalo  $[0, 2\pi]$  y que, generalmente, son en número de 8 ó 16, la fórmula (3) se aproxima mediante la fórmula:
- 25

$$Dism(P, O) \approx \frac{1}{\text{Área}(P)} \sum_{\theta=0}^{\Theta-1} \sum_{j=1}^{R_{\max}} \text{Área}(R_j) \cdot \text{Pos}\left(\nabla_r^O P(r, \theta)\right) \quad (5)$$

y puesto que el área de un sector de corona de radio medio j, de espesor 1 y de ángulo  $\frac{2\pi}{\Theta}$  vale  $\frac{2\pi}{\Theta} \times 2j$ , la fórmula (5) pasa a quedar:

$$Dism(P, O) \approx \frac{4\pi}{\Theta \cdot \text{Área}(P)} \sum_{\theta=0}^{\Theta-1} \sum_{j=1}^{R_{\max}} j \cdot L\left(\nabla_r^O P(r, \theta)\right) \quad (6)$$

- 30 La desviación  $Dism(P, O)$  no está acotada y representa las divergencias con el modelo teórico y cabe entonces la posibilidad de definir un umbral para la desviación  $Dism(P, O)$  rebasando el cual el módulo de toma de decisión 108 considerará el soporte 10 como un dedo falso y sin rebasar el cual este considerará el soporte 10 como un dedo auténtico. Este umbral se podrá determinar a partir de una base representativa de dedos verdaderos o a partir de una base de dedos auténticos y falsos. Se utilizará, por ejemplo, una red de neuronas o un SVM.

- 35 El umbral de decisión se define a partir de una medición definida sobre una base representativa de dedos auténticos.

Entre la etapa de captura 304 y la etapa de filtrado 306, se puede implantar una etapa de preprocesamiento 305, con el fin de mejorar la reproducción de la imagen resultante 400.

El módulo de procesamiento 106 incluye entonces medios de preprocesamiento destinados a llevar a la práctica la etapa de preprocesamiento 305.

5 A partir de la imagen capturada 200, el módulo de procesamiento 106 determina una imagen S representativa de un esqueleto de crestas (ridges) y de un esqueleto de valles (inter-ridges). Tal determinación se describe, por ejemplo, en el documento [Alessandro Farina, Zsolt M. Kovacs-Vajna, Alberto Leone, "Fingerprint Minutiae Extraction from Skeletonized Binary Images", *Pattern Recognition*, Vol. 32, pp. 877-889, 1999].

10 En cada punto del esqueleto de las crestas, el módulo de procesamiento 106 calcula la anchura local de la cresta y, en cada punto del esqueleto de los valles, el módulo de procesamiento 106 calcula la anchura local del valle. Tales cálculos se ilustran en la Fig. 5, que muestra esqueletos de crestas 502 y esqueletos de valles 504 en niveles de gris. Para cada punto P del esqueleto de crestas 502, se mide, siguiendo la normal al esqueleto, la anchura "d" de la cresta correspondiente, siendo d1 y d2 las anchuras de los valles.

15 El módulo de procesamiento 106 construye entonces una matriz de las crestas, denotada por  $R_r$ , y una matriz de los valles, denotada por  $R_{ir}$ . La matriz  $R_r$  y la matriz  $R_{ir}$  tienen la misma dimensión que la imagen capturada 200, y cada coeficiente de fila x y de columna y corresponde al píxel de fila x y de columna y de dicha imagen capturada 200 y denotado por (x, y).

De acuerdo con una forma de realización, para cada píxel (x, y) que no pertenece al esqueleto de las crestas, el coeficiente  $R_r(x, y)$  correspondiente de la matriz de las crestas  $R_r$  es nulo y, para cada píxel (x, y) que pertenece al esqueleto de las crestas, el coeficiente  $R_r(x, y)$  correspondiente de la matriz de las crestas  $R_r$  vale la anchura local de la cresta en ese píxel (x, y).

20 Para cada píxel (x, y) que no pertenece al esqueleto de los valles, el coeficiente  $R_{ir}(x, y)$  correspondiente de la matriz de los valles  $R_{ir}$  es nulo y, para cada píxel (x, y) que pertenece al esqueleto de los valles, el coeficiente  $R_{ir}(x, y)$  correspondiente de la matriz de los valles  $R_{ir}$  vale la anchura local del valle en ese píxel (x, y).

25 Otro método de definición de  $R_r(x, y)$  y  $R_{ir}(x, y)$  consiste en definir la densidad de crestas (y respectivamente, valles) alrededor del píxel (x, y). Así,  $R_r$  puede definirse como el número de píxeles de crestas en una zona centrada en el píxel (x, y), en tanto que  $R_{ir}(x, y)$  puede definirse como el número de píxeles de valles en una zona centrada en el píxel (x, y). Así,  $R_r$  y  $R_{ir}$  ya no son descritos como distancias tal como en el primer método descrito, sino por una noción de densidad.

Otro método de definición de  $R_r(x, y)$  y  $R_{ir}(x, y)$  es el siguiente, para cada píxel (x, y) de la imagen capturada:

- 30 - cuando el píxel (x, y) no pertenece a los píxeles de las crestas,  $R_r(x, y)$  es igual al valor medio de las anchuras locales de crestas adyacentes a ambos lados del valle que incluye el píxel, a nivel de dicho píxel,
- cuando el píxel (x, y) pertenece a los píxeles de las crestas,  $R_r(x, y)$  vale la anchura local de la cresta en ese píxel (x, y),
- cuando el píxel (x, y) no pertenece a los píxeles de los valles,  $R_{ir}(x, y)$  es igual al valor medio de las anchuras locales de valles adyacentes a ambos lados de la cresta que incluye ese píxel, a nivel de dicho píxel, y
- 35 - cuando el píxel (x, y) pertenece a los píxeles de los valles,  $R_{ir}(x, y)$  vale la anchura local del valle en ese píxel (x, y).

40 La función F es una función que transforma la imagen capturada 200 en una imagen preprocesada, denotada por IP y que es una función monótona de la intensidad de los píxeles (x, y) de la imagen capturada 200, y que es tal que, para todo píxel (x, y) de la imagen capturada 200 que pertenece a uno de los dos esqueletos, el píxel (x, y) de la imagen preprocesada IP toma un valor de intensidad positivo y, para todo píxel (x, y) de la imagen capturada 200 que no pertenece a uno de los dos esqueletos, el píxel (x, y) de la imagen preprocesada IP toma un valor de intensidad nulo.

Por ejemplo, es posible tomar la función F(x, y) definida por la fórmula:

$$F(x, y) = (255 - p(x, y)) \cdot \frac{R_r(x, y)}{R_{ir}(x, y)} \quad (7)$$

45 La imagen preprocesada IP puede pasar entonces por la etapa de filtrado 306.

Cabe también la posibilidad de realizar simultáneamente la etapa de preprocesamiento 305 y la etapa de filtrado 306. Por ejemplo, es posible utilizar la función F(x, y) definida por la fórmula:

$$F(x, y) = G_{\Sigma} * (\alpha(255 - p(x, y)) + \beta \frac{R_r(x, y)}{R_{ir}(x, y)}) \text{ con } \alpha + \beta = 1 \quad (8)$$

Es decir, la función F es la convolución de la suma ponderada de la imagen capturada 200 y de la imagen de razón anchura de las crestas por anchura de los valles, por una gaussiana de matriz de covarianza. En la práctica,  $\alpha$  se elige entre 0 y 0,5.

5 La imagen obtenida se puede equiparar entonces directamente a la imagen resultante 400.

Puede suceder que la imagen resultante 400 presente una pluralidad de puntos y que cada uno de estos puntos tenga una intensidad del píxel que es representativa de una presión máxima. La imagen resultante 400 incluye entonces una pluralidad de puntos origen O.

10 Entonces, se utiliza la noción de presión máxima local alrededor de cada punto origen O. La localidad de la zona de búsqueda para un punto origen O puede estar definida, por ejemplo, por la mínima distancia entre ese punto de origen y todos los demás puntos de origen. Esta distancia se puede ajustar mediante un coeficiente con el fin de que la zona esté alejada de los demás puntos de origen. Un valor práctico de este coeficiente es 2.

15 En el caso en que se definen varios puntos origen O, la desviación se puede definir llevando a cabo varias veces el cálculo de desviación para cada punto origen O. La consolidación se lleva a cabo mediante análisis de los diferentes resultados sobre cada punto origen O (por ejemplo, mín., máx., promedio,...). La decisión final se lleva a cabo mediante umbralizado de la desviación definida tras esta consolidación.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de validación (300) de la utilización de un dedo auténtico como soporte (10) de una huella dactilar, puesto en práctica mediante un dispositivo de validación (100) que incluye una superficie de captura (102) sobre la cual viene a apoyarse dicho soporte (10), un sensor (104) destinado a capturar una imagen (200) de la huella dactilar, un módulo de procesamiento (106) y un módulo de toma de decisión (108), incluyendo dicho procedimiento de validación (300):

- una etapa de posicionamiento (302) en cuyo transcurso se pone el soporte (10) apoyado contra la superficie de captura (102),
- una etapa de captura (304) en cuyo transcurso el sensor (104) captura una imagen, llamada capturada (200), de la huella,
- una etapa de filtrado (306) en cuyo transcurso el módulo de procesamiento (106) transforma la imagen capturada (200) en una imagen resultante (400) mediante paso a través de un filtro paso bajo cuya frecuencia de corte es muy inferior a la frecuencia de las crestas de una huella,

caracterizado por que el procedimiento incluye

- una etapa de localización (308) en cuyo transcurso el módulo de procesamiento (106) localiza, en la imagen resultante (400), un punto origen O con el píxel cuya intensidad es representativa de la presión máxima que se ejerce sobre el soporte (10),
- una etapa de verificación (310) en cuyo transcurso el módulo de procesamiento (106) verifica que, en la imagen resultante (400), para una pluralidad de radios (402) dimanados del punto origen O, y para cada uno de dichos radios (402), para una pluralidad de puntos M, la intensidad del píxel de cada punto M de dicho radio (402) es representativa de una disminución de la presión que se ejerce sobre el soporte (10) a medida que aumenta la distancia del punto origen O al punto M, y
- una etapa de toma de decisión (312) en cuyo transcurso el módulo de toma de decisión (108) toma una decisión en lo que respecta a la validez del soporte (10) en función de los resultados de la etapa de verificación (310).

2. Procedimiento de validación (300) según la reivindicación 1, caracterizado por que dicha frecuencia de corte es del orden de 0,1 a 1 ciclo por mm.

3. Procedimiento de validación (300) según una de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado por que la etapa de verificación (310) consiste en verificar que, a partir del punto origen O y sobre cada radio (402) dimanado del punto origen O, el gradiente de intensidad de cada punto M es negativo.

4. Procedimiento de validación (300) según la reivindicación 3, caracterizado por que la etapa de toma de decisión (312) se basa en un criterio acumulativo denotado por  $Dism(P, O)$  y que representa la desviación del perfil de intensidad del perfil real de intensidad P respecto al modelo teórico de intensidad centrado en O de un dedo auténtico y en una comparación de esta desviación  $Dism(P, O)$  con respecto a un umbral.

5. Procedimiento de validación (300) según la reivindicación 4, caracterizado por que la desviación  $Dism(P, O)$  viene dada por la fórmula:

$$Dism(P, O) = \frac{1}{Área(P)} \int_0^{2\pi} \int_0^{R_{max}} L\left(\nabla_r^O P(r, \theta)\right) . dr . d\theta \quad (3)$$

donde:

- $\nabla_r^O P(r, \theta)$  es la proyección sobre la base local radial en M relativa a O del gradiente de intensidad en el punto M de la imagen resultante (400) de coordenadas polares (r,  $\theta$ ),
- L es una función nula en  $\mathbb{R}^-$  y creciente en  $\mathbb{R}^+$ ,
- $R_{max}$  es la distancia máxima entre el punto origen O y cualquier punto M de la imagen resultante (400), y
- $Área(P)$  es el área de la región que se considere alrededor del punto M.

6. Procedimiento de validación (300) según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por incluir una etapa de preprocesamiento (305) destinada a mejorar la reproducción de la imagen resultante (400), entre la etapa de captura (304) y la etapa de filtrado (306).

7. Procedimiento de validación (300) según la reivindicación 6, caracterizado por que la etapa de preprocesamiento (305) consiste en aplicar a los píxeles (x, y) de la imagen capturada (200) una función F(x, y) definida por la fórmula:

$$F(x, y) = (255 - p(x, y)) \cdot \frac{R_r(x, y)}{R_{ir}(x, y)} \quad (7)$$

5 donde, cuando el píxel (x, y) no pertenece a los píxeles de las crestas,  $R_r(x, y)$  es igual al valor medio de las anchuras locales de crestas adyacentes a ambos lados del valle que incluye el píxel, a nivel de dicho píxel, y donde, cuando el píxel (x, y) pertenece a los píxeles de las crestas,  $R_r(x, y)$  vale la anchura local de la cresta en ese píxel (x, y),

10 donde, cuando el píxel (x, y) no pertenece a los píxeles de los valles,  $R_{ir}(x, y)$  es igual al valor medio de las anchuras locales de valles adyacentes a ambos lados de la cresta que incluye ese píxel, a nivel de dicho píxel, y donde, cuando el píxel (x, y) pertenece a los píxeles de los valles,  $R_{ir}(x, y)$  vale la anchura local del valle en ese píxel (x, y).

8. Procedimiento de validación (300) según la reivindicación 6, caracterizado por que la etapa de preprocesamiento (305) consiste en aplicar a los píxeles (x, y) de la imagen capturada (200) una función F(x, y) definida por la fórmula:

15 
$$F(x, y) = (255 - p(x, y)) \cdot \frac{R_r(x, y)}{R_{ir}(x, y)} \quad (7)$$

donde, cuando el píxel (x, y) no pertenece al esqueleto de las crestas,  $R_r(x, y)$  es nulo, y donde, cuando el píxel (x, y) pertenece al esqueleto de las crestas,  $R_r(x, y)$  vale la anchura local de la cresta en ese píxel (x, y),

donde, cuando el píxel (x, y) no pertenece al esqueleto de los valles,  $R_{ir}(x, y)$  es nulo, y donde, cuando el píxel (x, y) pertenece al esqueleto de los valles,  $R_{ir}(x, y)$  vale la anchura local del valle en ese píxel (x, y).

20 9. Procedimiento de validación (300) según la reivindicación 6, caracterizado por que la etapa de preprocesamiento (305) consiste en aplicar a los píxeles (x, y) de la imagen capturada (200) una función F(x, y) definida por la fórmula:

$$F(x, y) = (255 - p(x, y)) \cdot \frac{R_r(x, y)}{R_{ir}(x, y)} \quad (7)$$

donde  $R_r(x, y)$  es el número de píxeles de crestas en una zona centrada en el píxel (x, y), y

25 donde  $R_{ir}(x, y)$  es el número de píxeles de valles en una zona centrada en el píxel (x, y).

10. Procedimiento de validación (300) según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que la etapa de localización (308) consiste en elegir el punto origen O como el punto de la imagen resultante (400) que presenta la intensidad más grande.

11. Dispositivo de validación (100) que incluye:

- 30 - una superficie de captura (102) sobre la cual viene a apoyarse dicho soporte (10),
- un sensor (104) destinado a capturar una imagen (200) de la huella dactilar,
- un módulo de procesamiento (106) que incluye:
- medios de filtrado destinados a transformar la imagen capturada (200) en una imagen resultante (400) mediante paso a través de un filtro paso bajo cuya frecuencia de corte es muy inferior a la frecuencia de las crestas de una huella,
- 35

caracterizado por que el dispositivo incluye

- medios de localización destinados a localizar, en la imagen resultante (400), un punto origen O con el píxel cuya intensidad es representativa de la presión máxima que se ejerce sobre el soporte (10),
- 40 - medios de verificación destinados a verificar que, en la imagen resultante (400), para una pluralidad de radios (402) dimanados del punto origen O, y para cada uno de dichos radios (402), para una pluralidad de puntos M, la intensidad del píxel de cada punto M de dicho radio (402) es representativa de una disminución de la presión que se ejerce sobre el soporte (10) a medida que aumenta la distancia del punto origen O al punto M, y

- un módulo de toma de decisión (108) destinado a tomar una decisión en lo que respecta a la validez del soporte (10) en función de los resultados transmitidos por los medios de verificación.

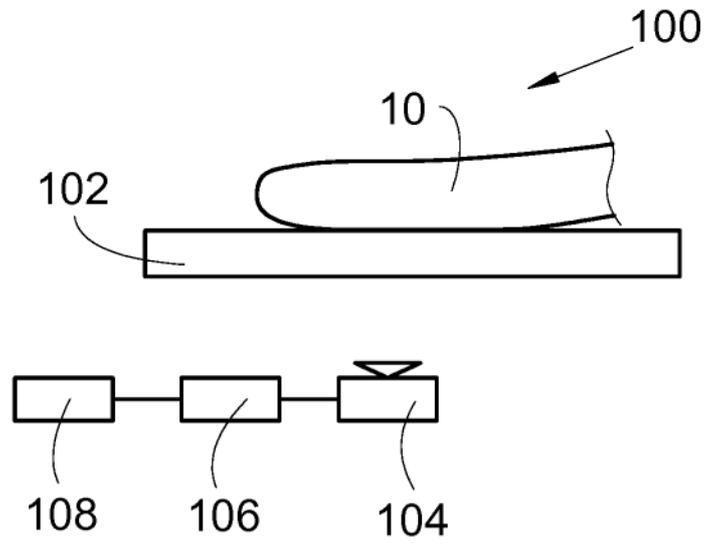


Fig. 1



Fig. 2

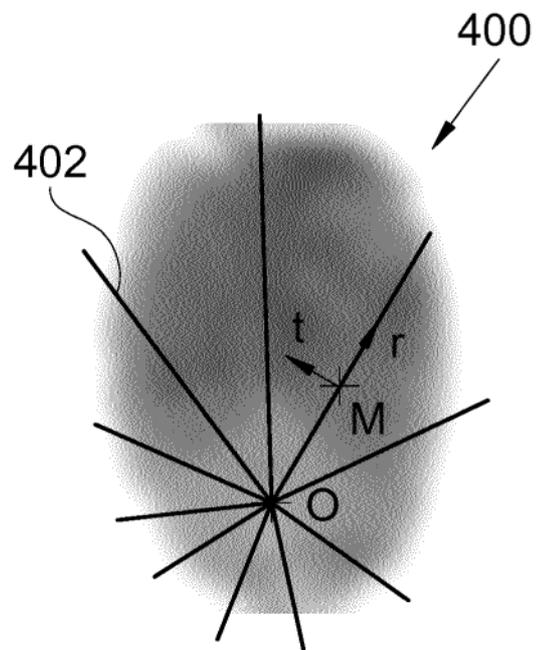


Fig. 4

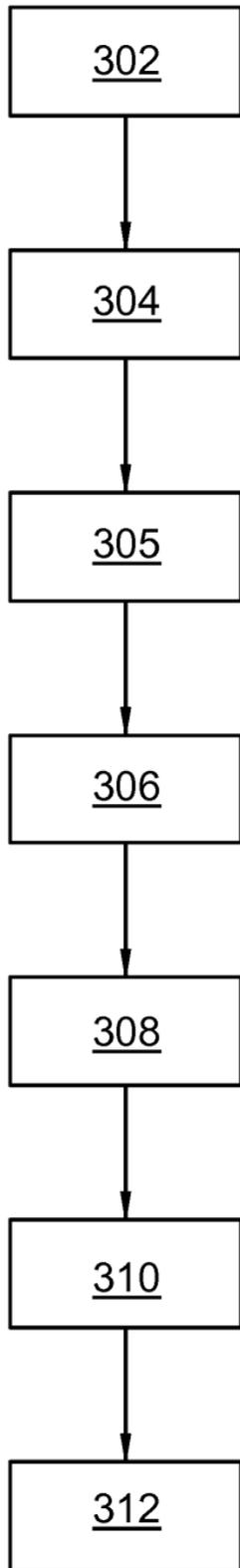


Fig. 3

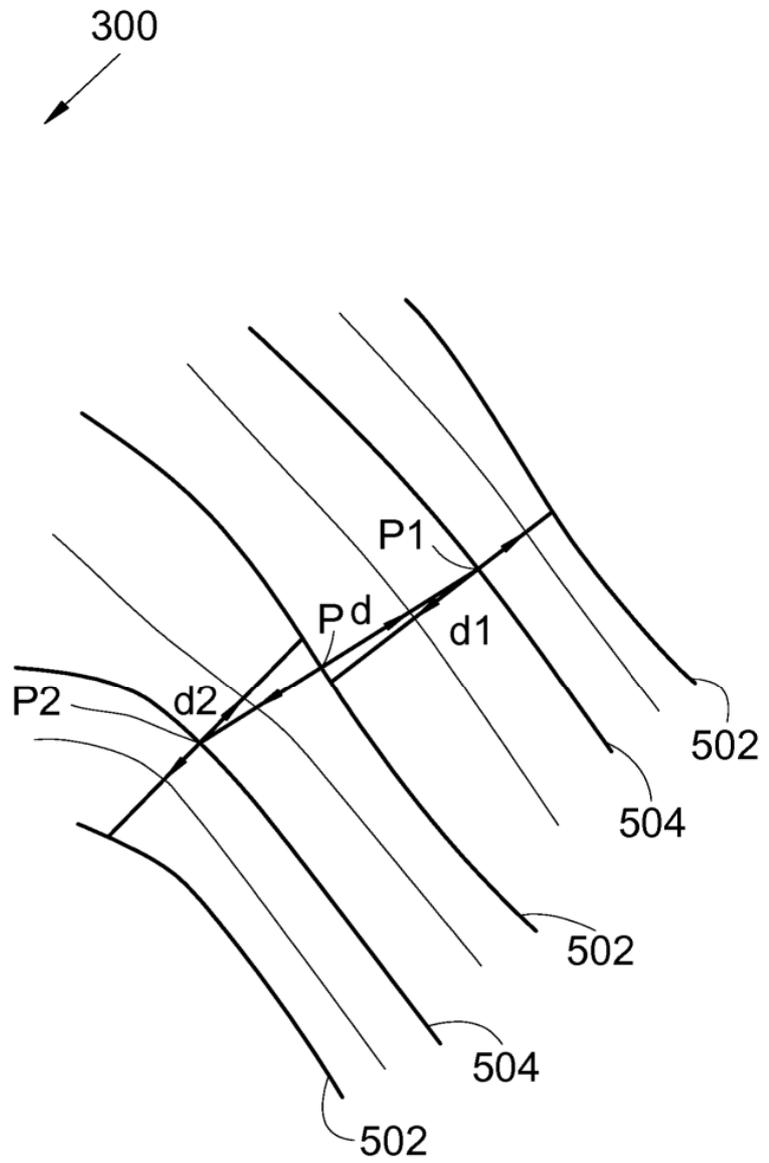


Fig. 5