

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 581 593**

21 Número de solicitud: 201500514

51 Int. Cl.:

G06K 9/46 (2006.01)

A61B 5/117 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

01.07.2015

30 Prioridad:

06.03.2015 MX MX/A/2015/002939

43 Fecha de publicación de la solicitud:

06.09.2016

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN
CANARIA (100.0%)**

**Juan de Quesada, 30
35001 Las Palmas de G.C. Las Palmas ES**

72 Inventor/es:

**FERRER BALLESTER, Miguel Ángel;
MORALES MORENO, Aythami;
ALTAMIRANO ROBLES, Leopoldo;
GARCÍA BORROTO, Milton y
MEDINA PÉREZ, Miguel Ángel**

54 Título: **Sistema y método para la comparación de huellas dactilares y palmares basada en múltiples clústeres deformales de minucias coincidentes**

57 Resumen:

La presente invención se refiere a un sistema y método para la comparación de huellas independiente del tipo de descriptor de minucias. El sistema es eficaz en la verificación de huellas dactilares y palmares, así como en la identificación de huellas latentes dactilares y palmares. El método realiza múltiples alineaciones de las huellas y por cada alineación halla un clúster de coincidencias. Los clústeres son mezclados de mayor a menor peso para abarcar toda la huella independientemente de sus deformaciones globales. Luego se construye un modelo Thin-Plate Spline a partir de los clústeres mezclados y con esto se encuentran nuevas minucias coincidentes. El valor de similitud resultante se calcula a partir del peso de todas las minucias coincidentes encontradas.

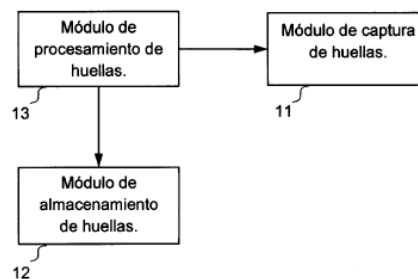


Fig. 1

DESCRIPCIÓN

Sistema y método para la comparación de huellas dactilares y palmares basada en múltiples clústeres deformables de minucias coincidentes.

Campo de la invención

La presente invención pertenece al área de Ciencias Computacionales y el campo específico de Reconocimiento de Huellas Dactilares y Palmares.

Estado de la técnica

Las huellas dactilares y huellas palmares son las marcas formadas por las crestas y surcos papilares en los dedos y palmas de la mano respectivamente. Estas tienen las características de que se forman en el sexto mes de vida intrauterina del ser humano y no desaparecen hasta tiempo después de la muerte de las personas, no existen dos personas con huellas iguales y no se modifican de manera natural durante la vida de una persona. Es por esto que las huellas dactilares y palmares constituyen elementos importantes en la identidad de las personas.

Debido a la complejidad y la cantidad de huellas que existen, es necesario crear sistemas que permitan su procesamiento de manera eficiente. Aunque las primeras aplicaciones fueron en las ciencias forenses, la popularidad de la temática se debe principalmente a las aplicaciones en sistemas civiles como el control de acceso física a instalaciones, el control de acceso lógico a software y el control de votantes en elecciones. Uno de los componentes más importantes en estos sistemas es el *método de comparación de huellas*.

En el área de Ciencias Computacionales, la comparación de huellas (o cotejo de huellas) se realiza a través de una secuencia finita de pasos lógicos que retorna un valor de similitud, lo cual se conoce como *método de comparación de huellas*. Según el contexto de la aplicación, los métodos de comparación de huellas se pueden clasificar en: *métodos para verificación de huellas* y *métodos para identificación de huellas latentes*. El objetivo de las aplicaciones de verificación de huellas consiste esencialmente en determinar dadas dos huellas, si estas proceden del mismo dedo. Por su parte, el objetivo de las aplicaciones de identificación de huellas latentes consiste básicamente en, dada una huella latente, buscar todas las huellas procedentes del mismo dedo presentes en una base de datos.

Son muchos los métodos para verificación de huellas que se comercializan en la actualidad y los resultados en las competencias internacionales como la FVC-onGoing (B. Dorizzi, R. Cappelli, M. Ferrara, D. Maio, D. Maltoni, N. Houmani, S. Garcia-Salicetti, and A. Mayoue, "Fingerprint and on-line signature verification competitions at ICB 2009", in *International Conference on Biometrics (ICB 2009)*, 2009, pp. 725-732) muestran la elevada eficacia alcanzada por este tipo de métodos. Los buenos resultados alcanzados por estos métodos se deben a que trabajan con huellas capturadas con escáneres especializados para tomar las huellas de personas de manera voluntaria y en condiciones controladas por lo que dichas huellas (también conocidas como impresiones) tienen excelente nivel de detalle, mucha información y poco ruido.

Por otra parte, las huellas latentes son aquellas formadas sobre superficies no necesariamente uniformes, de manera involuntaria y no controlada por las personas al manipular objetos. Es por esto que las huellas latentes tienen información parcial, bajo nivel de detalles y mucho ruido en comparación con las impresiones (A. A. Paulina, J. Feng, and A. K. Jain, "Latent fingerprint matching using descriptor-based hough transform", *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, vol. 8, no. 1, pp. 31-45, 2013). De aquí que los métodos para identificación de huellas latentes reportados en la literatura o disponibles a la venta son pocos y de eficacia aún baja (A. A. Paulino, J. Feng, and A. K. Jain, "Latent fingerprint matching using descriptor-based hough transform", *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, vol. 8, no. 1, pp. 31-45, 2013).

Algunos autores (B. Decann and A. Ross, "Can a 'poor' verification system be a 'good' identification system? A preliminary study", in *2012 IEEE International Workshop on Information Forensics and Security*, 2012, pp. 31-36) plantean que los métodos buenos para la verificación no necesariamente son buenos para la identificación. Otros autores (E. Liu, A. K. Jain, and J. Tian, "A coarse to fine minutiae-based latent palmprint matching", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 35, no. 10, pp. 2307-2322, 2013) opinan que los métodos creados para la comparación de huellas dactilares no son necesariamente buenos para la comparación de huellas palmares.

Especificación de la invención

La presente invención consiste en un sistema y método para la comparación de huellas dactilares y palmares basada en múltiples clústeres de minucias coincidentes.

El método de la presente invención, a diferencia de otras soluciones propuestas a nivel internacional, permite comparar con un alto grado de eficiencia/eficacia huellas dactilares y palmares tanto para identificación de huellas latentes como para la verificación de huellas.

Otra ventaja del presente método sobre las soluciones existentes es que se puede utilizar con cualquier descriptor de minucias (A. K. Jain, J. Feng, and K. Nandakumar, "Fingerprint Matching", *Computer*, vol. 43, no. 2, pp. 36-44, 2010) lo cual permite su aplicación en cualquier contexto. Por ejemplo, para aplicaciones en arquitecturas ligeras de hardware, se pueden utilizar pares o tríos de minucias mientras que en aplicaciones con mayor poder computacional se pueden utilizar descriptores que combinen la información de más minucias y otros rasgos como la imagen de orientación y la imagen de frecuencia.

Los pares de minucias coincidentes localmente se hayan en esta propuesta a partir de una estrategia ávida (T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest, and C. Stein, *Introduction to Algorithms*, 2nd edition. The MIT Press, 2001, p. 1184) que busca seleccionar la menor cantidad de pares coincidentes con los valores de similitud más altos mientras que intenta minimizar la repetición de minucias en los pares seleccionados. Para comparar las huellas, la metodología propuesta realiza múltiples alineaciones y por cada alineación halla un clúster de coincidencias.

Para esto se propone una nueva definición de clúster que no depende de la conectividad entre los descriptores de minucias que lo componen para lograr la tolerancia a las minucias ausentes y los errores del extractor de rasgos.

- 5 El método no discretiza el espacio de transformación de las minucias al alinear las huellas para evitar perder información con la discretización.

El método realiza un número dinámico de alineaciones para hallar clústeres de coincidencias en la mayor parte del área de cada una de las huellas que se comparan.

10

Para tolerar las distorsiones no lineales a nivel global en las huellas se mezclan un subconjunto de los clústeres encontrados verificando determinadas restricciones geométricas entre los centroides de clústeres y comprobando que no hallan pares de minucias coincidentes diferentes compartiendo una minucia común. Esta heurística tiene como objetivo obtener muchos pares de minucias verdaderamente coincidentes manteniendo baja la cantidad de falsas coincidencias.

15

Dos pares de minucias con similares características a nivel local, no necesariamente tienen el mismo peso porque el método propuesto también toma en cuenta las características globales para calcular dicho peso. Más aún, para la identificación de huellas latentes se propone una forma de calcular el peso diferente a la usada para la verificación de huellas dactilares y a la usada para la verificación de huellas palmares.

20

Los experimentos realizados utilizando bases de datos de huellas dactilares y palmares han demostrado que el método propuesto es capaz de incrementar la eficacia de sistemas comerciales hasta en 19.5% cuando la calidad de las imágenes es mala. Debido a que el método calcula múltiples clústeres de coincidencias, la mejora de eficacia es mayor cuando peor es la calidad de las huellas.

25

30 **Breve descripción de las figuras**

La Figura 1 muestra el esquema general de los sistemas de reconocimiento de huellas en los cuales se aplica nuestra invención. Estos sistemas se pueden describir por los siguientes módulos: *módulo de captura de huellas* (11, Fig. 1), *módulo de almacenamiento de huellas* (12, Fig. 1) y *módulo de procesamiento de huellas* (13, Fig. 1a).

35

El módulo de captura de huellas (11, Fig. 1) está compuesto por componentes electrónicos que permiten digitalizar huellas, por ejemplo: escáneres por contacto, escáneres sin contacto, cámaras digitales, etc.

40

El módulo de almacenamiento de huellas (12, Fig. 1) está compuesto por componentes electrónicos que permite el almacenamiento y persistencia de las huellas en el tiempo, ejemplos: memoria flash, disco duro portátil, computadora, red de computadoras, etc.

45

El módulo de procesamiento de huellas (13, Fig. 1) accede a huellas obtenidas por el módulo de captura (11, Fig. 1) para ejecutar métodos como son: método de mejoramiento de las huellas, método de encriptación de los datos, método de compresión, método de extracción de rasgos, etc.

50

Este módulo se encarga de determinar la información de las huellas que se guardará en el módulo de almacenamiento (12, Fig. 1). Este módulo también contiene el método que compara una huella obtenida del módulo de captura con una o varias huellas guardadas en el módulo de almacenamiento. Ejemplos que componen este módulo son: CPU, micro-controlador, FPGA, etc.

La Figura 2 muestra un fragmento de huella ampliado con cuatro ejemplos de los puntos característicos (o minucias) usados por la invención para comparar las huellas. (21, Fig. 2) y (23, Fig. 2) son ejemplos de minucias conocidas como *bifurcaciones*; mientras que (22, Fig. 2) y (24, Fig. 2) son ejemplos de minucias conocidas como *terminaciones*. La invención compara las huellas representadas por bifurcaciones y terminaciones.

La figura 3 muestra las minucias de dos huellas del mismo dedo. Las minucias de la huella (31, Fig. 3) están más cerca que las minucias en la huella (32, Fig. 3) por lo que la presente invención halla múltiples clústeres de minucias coincidentes (33, Fig. 3), (34, Fig. 3) y (35, Fig. 3). El segmento con doble saeta (36, Fig. 3) tiene una longitud de 42 píxeles y es un ejemplo de la deformación entre las dos huellas.

Las Figuras 4a y 4b muestran un diagrama de bloques que constituye una abstracción de los pasos generales de la metodología propuesta.

Mejor método de llevar a cabo la invención

La invención consiste en un sistema y un método que al especificar una de tres opciones para calcular el peso de los pares de minucias coincidentes en el módulo (13, Fig. 1) se puede aplicar en tres contextos diferentes: a. identificación de huellas latentes palmares y dactilares; b. verificación de huellas dactilares; c. verificación de huellas palmares.

La invención compara las huellas representadas por sus minucias. Las minucias son los puntos donde la continuidad de las crestas se rompe y en la invención son representadas como (x, y, θ) . (x, y) son las coordenadas del punto en dos dimensiones donde la cresta se rompe; por ejemplo, las coordenadas de las minucias (11, Fig. 1) y (14, Fig. 1) coinciden con los centros de las respectivas circunferencias. θ representa la dirección de la minucia y en los ejemplos (11, Fig. 1) y (14, Fig. 1) son los ángulos representados por los arcos. El conjunto de todas las minucias se define como $U = \{(x, y, \theta) : x, y, \theta \in \mathbb{R}\}$, donde $\mathbb{R}$ es el conjunto de los números reales.

Las diferentes distorsiones globales entre las huellas que se comparan provocan la aparición de múltiples clústeres de minucias coincidentes. El ejemplo de la figura 3 muestra gráficamente la diferencia de la distancia entre minucias pertenecientes a diferentes clústeres. Los segmentos de color gris con doble saeta evidencian una distorsión en la huella (32, Fig. 3) hasta de 42 píxeles en comparación con la huella (31, Fig. 3). Nótese que esta distancia es más del doble necesitado (15 píxeles) para hacer coincidir el 97.5% de las minucias de acuerdo a (S. Pankanti, S. Prabhakar, and A. K. Jain, "On the individuality of fingerprints", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 24, no. 8, pp. 1010-1025, 2002). De aquí que, si se usara un umbral de distancia de 42 píxeles en lugar de 15, aumentaría la cantidad de minucias falsas coincidentes que se encontrarían al comparar huellas de dedos diferentes. Para tolerar estas distorsiones, la invención usa valores pequeños de umbrales para hallar múltiples clústeres de minucias coincidentes y luego relaja estos umbrales para determinar cuáles clústeres mezclar.

Dados dos conjuntos de minucias L e I , la invención define como "clúster de minucias coincidentes" (o simplemente "clúster") al conjunto de pares de minucias $e = \{(\mathbf{q}_1, \mathbf{p}_1), (\mathbf{q}_2, \mathbf{p}_2), \dots, (\mathbf{q}_l, \mathbf{p}_l)\}$ con centroide $r_C = (\mathbf{q}_h, \mathbf{p}_h) \in C$ que cumple las siguientes condiciones para cada par $(\mathbf{q}_k, \mathbf{p}_k) \in C$:

a) $\mathbf{q}_k \in L \wedge \mathbf{p}_k \in I$.

b) $\nexists (\mathbf{q}_j, \mathbf{p}_j) \in C [(\mathbf{q}_k = \mathbf{q}_j \wedge \mathbf{p}_k \neq \mathbf{p}_j) \vee (\mathbf{q}_k \neq \mathbf{q}_j \wedge \mathbf{p}_k = \mathbf{p}_j)]$.

c) $\sigma_e(\psi(\mathbf{q}_k, \mathbf{q}_h, \mathbf{p}_h), \mathbf{p}_k) > 0 \wedge \sigma_\theta(\psi(\mathbf{q}_k, \mathbf{q}_h, \mathbf{p}_h), \mathbf{p}_k) > 0$ donde:

o La función ψ transforma una minucia a en otra d usando como referencia un par de minucias $(\mathbf{b}, \mathbf{c})$ y se define como:

$$\psi: U \times U \times U \rightarrow U$$

$$(\mathbf{a}, \mathbf{b}, \mathbf{c}) \rightarrow \left(\begin{bmatrix} \cos \Delta\theta & -\sin \Delta\theta & 0 \\ \sin \Delta\theta & \cos \Delta\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_a - x_b \\ y_a - y_b \\ \theta_a - \theta_b \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_c \\ y_c \\ \theta_c \end{bmatrix} \right)^T \quad (1)$$

donde $\mathbf{a} = (x_a, y_a, \theta_a)$, $\mathbf{b} = (x_b, y_b, \theta_b)$ y $\mathbf{c} = (x_c, y_c, \theta_c)$.

o La función σ_e calcula la similitud entre dos minucias de acuerdo a la distancia entre ellas y se define de la siguiente manera:

$$\sigma_e: U \times U \rightarrow [0; 1]$$

$$(\mathbf{a}, \mathbf{b}) \rightarrow \begin{cases} 1 - d_e(\mathbf{a}, \mathbf{b})/15 & \text{si } d_e(\mathbf{a}, \mathbf{b}) \leq 15 \\ 0 & \text{en caso contrario} \end{cases} \quad (2)$$

siendo d_e la función que calcula la distancia euclidiana entre dos minucias y se define de la siguiente manera:

$$d_e: U \times U \rightarrow \mathbb{R}$$

$$(\mathbf{a}, \mathbf{b}) \rightarrow \sqrt{(x_a - x_b)^2 + (y_a - y_b)^2} \quad (3)$$

o La función σ_θ calcula la similitud entre dos minucias de acuerdo a la diferencia entre las direcciones de las minucias y se define de la siguiente manera:

$$\sigma_\theta: U \times U \rightarrow [0; 1]$$

$$(\mathbf{a}, \mathbf{b}) \rightarrow \begin{cases} 1 - \frac{d_\theta(\mathbf{a}, \mathbf{b})}{\pi/8} & \text{si } d_\theta(\mathbf{a}, \mathbf{b}) \leq \pi/8 \\ 0 & \text{en caso contrario} \end{cases} \quad (4)$$

siendo d_θ la función que calcula la diferencia entre las direcciones de las minucias y se define de la siguiente manera:

$$d_\theta: \begin{array}{l} U \times U \rightarrow \mathbb{R} \\ (\mathbf{a}, \mathbf{b}) \rightarrow \min\{|\theta_a - \theta_b|, 2\pi - |\theta_a - \theta_b|\} \end{array} \quad (5)$$

El mejor método de llevar a cabo la invención es como sigue:

// Para hallar las coincidencias entre las huellas a nivel local los descriptores de ambas huellas son comparados y una estrategia ávida es utilizada para determinar los pares de minucias coincidentes localmente.

Paso 1. Sean (41, Fig. 4a) L e I los respectivos conjuntos de minucias de las huellas a comparar teniendo cada minucia un descriptor de minucia asociado. Sea $A = \{\}$ un conjunto que contendrá pares de minucias coincidentes.

// Comparando los descriptores de minucias de ambas huellas (42, Fig. 4a).

Paso 2. Por cada minucia $\mathbf{q} \in L$ y $\mathbf{p} \in I$ comparar sus respectivos descriptores de minucias.

// Hallando las minucias coincidentes localmente (43, Fig. 4a).

Paso 3. Ordenar descendentemente todos los pares $(\mathbf{q}, \mathbf{p})$ de acuerdo al valor de similitud de sus respectivos descriptores de minucias y almacenar en A los pares con similitud mayor que cero.

Paso 4. Sea $M = \{\}$ un conjunto en el que se almacenarán, cuando más, $\max\{|L|, |I|\}$ pares de minucias coincidentes intentando minimizar las repeticiones de minucias dentro de pares diferentes.

Paso 5. Por cada $(\mathbf{q}_h, \mathbf{p}_h) \in A$ hacer:

a. Si $\exists_{(\mathbf{q}_k, \mathbf{p}_k) \in M} [(\mathbf{q}_h = \mathbf{q}_k) \vee (\mathbf{p}_h = \mathbf{p}_k)]$ entonces actualizar $M = M \cup \{(\mathbf{q}_h, \mathbf{p}_h)\}$.

// Cada par de minucias coincidentes localmente (44, Fig. 4a) es usado para alinear las huellas (45, Fig. 4a) y encontrar el clúster de coincidencias (46, Fig. 4a). El par de minucias sobre el cual se realiza la alineación es considerado el centroide del clúster encontrado. El peso de cada centroide se calcula basado en la posición y dirección relativa entre las minucias de cada par en el clúster (47, Fig. 4a). Un centroide tiene alto valor de peso cuando su clúster contiene muchos pares de minucias coincidentes y baja deformación de las huellas. Este peso se calcula de tres formas diferentes dando lugar a una aplicación diferente del método para cada uno de los siguientes contextos: a. identificación de huellas latentes palmares y dactilares; b. verificación de huellas dactilares; c. verificación de huellas palmares.

Paso 6. Sea $C_s = \{\}$ el conjunto que se llenará en el próximo paso con los clústeres de pares de minucias coincidentes obtenidos de múltiples alineaciones.

Paso 7. Por cada $(\mathbf{q}_h, \mathbf{p}_h) \in M$ realizar una alineación como sigue:

a. Sea $B = \{\}$ el conjunto que será llenado en el próximo paso con todos los pares de minucias coincidentes de la iteración actual.

b. Por cada $(\mathbf{q}_g, \mathbf{p}_g) \in M$, determinar si $\mathbf{q}_g$ coincide con $\mathbf{p}_g$ al alinear por $(\mathbf{q}_h, \mathbf{p}_h)$ como sigue:

i. Transformar $\mathbf{q}_g$ en $\mathbf{q}'_g$ usando como referencia el par $(\mathbf{q}_h, \mathbf{p}_h)$ como sigue: $\mathbf{q}'_g =$

$\mathbf{q}_g, \mathbf{q}_h, \mathbf{p}_h$ (ver ecuación

$: U \times U \times U \rightarrow U, \mathbf{a}, \mathbf{b}, \mathbf{c} \rightarrow \cos \Delta \theta - \sin \Delta \theta \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \sin \Delta \theta & \cos \Delta \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x & a \\ x & b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y & a \\ y & b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta & a \\ \theta & b \end{bmatrix}$

$+ xcy \cos \theta \cos T(1))$.

ii. Sea $s_{\mathbf{p}_g}^{\mathbf{q}_g} = \sigma_e(\mathbf{q}'_g, \mathbf{p}_g) * \sigma_\theta(\mathbf{q}'_g, \mathbf{p}_g)$ el valor de similitud asociado al par

$\mathbf{q}_g, \mathbf{p}_g$ (ver ecuaciones $\sigma_e: U \times U \rightarrow [0;1], \mathbf{a}, \mathbf{b} \rightarrow 1 - d_e \mathbf{a}, \mathbf{b} / 15$ si $d_e \mathbf{a}, \mathbf{b} \leq 15$ en

caso contrario (2) y $\sigma_\theta: U \times U \rightarrow [0;1], \mathbf{a}, \mathbf{b} \rightarrow 1 - d_\theta \mathbf{a}, \mathbf{b} / 8$ si

$d_\theta \mathbf{a}, \mathbf{b} \leq \pi / 8$ en caso contrario (4)).

iii. Si $s_{\mathbf{p}_g}^{\mathbf{q}_g} > 0$ entonces actualizar $B = B \cup \{(\mathbf{q}_g, \mathbf{p}_g)\}$ (hasta aquí se cumple con las

condiciones (a) y (c) de la definición de clúster en la invención).

c. Ordenar B descendientemente de acuerdo a los valores de similitud $s_{\mathbf{p}_g}^{\mathbf{q}_g}$ de sus elementos.

d. Sea $C_h = \{\}$ el clúster que contendrá un subconjunto de los pares de minucias coincidentes de la iteración actual. Sea $\mathbf{r}_{C_h} = (\mathbf{q}_h, \mathbf{p}_h)$ el centroide del clúster C_h .

e. Por cada $(\mathbf{q}_g, \mathbf{p}_g) \in B$ lograr el cumplimiento de la condición (b) de la definición de clúster en la invención como sigue:

i. Si $\forall (\mathbf{q}_k, \mathbf{p}_k) \in C_h [(\mathbf{q}_g \neq \mathbf{q}_k) \wedge (\mathbf{p}_g \neq \mathbf{p}_k)]$ entonces actualizar $C_h = C_h \cup$

$\{(\mathbf{q}_g, \mathbf{p}_g)\}$.

f. Calcular el peso del centroide $(\mathbf{q}_h, \mathbf{p}_h)$ como $w_{\mathbf{p}_h}^{\mathbf{q}_h} = p(\mathbf{q}_h, \mathbf{p}_h, L, I, C_h)$ de acuerdo a:

o Para la identificación de huellas dactilares y palmares:

$$\rho: \begin{aligned} & U \times U \times P(U) \times P(U) \times P(U \times U) \rightarrow \mathbb{R} \\ & (\mathbf{a}, \mathbf{b}, L, I, C_h) \rightarrow |C_h|/L^2 * \sum_{(\mathbf{q}, \mathbf{p}) \in C_h} [\sigma_e(\psi(\mathbf{q}, \mathbf{a}, \mathbf{b}), \mathbf{p}) * \sigma_\theta(\psi(\mathbf{q}, \mathbf{a}, \mathbf{b}), \mathbf{p})] \end{aligned} \quad (6)$$

o Para la verificación de huellas palmares:

$$\rho: \begin{aligned} & U \times U \times P(U) \times P(U) \times P(U \times U) \rightarrow \mathbb{R} \\ & (\mathbf{a}, \mathbf{b}, L, I, C_h) \rightarrow |C_h|^3 / ((|C_h| + 20) * |L| * |I|) * \sum_{(\mathbf{q}, \mathbf{p}) \in C_h} [\sigma_e(\psi(\mathbf{q}, \mathbf{a}, \mathbf{b}), \mathbf{p}) * \sigma_\theta(\psi(\mathbf{q}, \mathbf{a}, \mathbf{b}), \mathbf{p})] \end{aligned} \quad (7)$$

o Para la verificación de huellas dactilares:

$$\rho: \begin{aligned} & U \times U \times P(U) \times P(U) \times P(U \times U) \rightarrow \mathbb{R} \\ & (\mathbf{a}, \mathbf{b}, L, I, C_h) \rightarrow |C_h| * (\sum_{(\mathbf{q}, \mathbf{p}) \in C_h} [\sigma_e(\psi(\mathbf{q}, \mathbf{a}, \mathbf{b}), \mathbf{p}) * \sigma_\theta(\psi(\mathbf{q}, \mathbf{a}, \mathbf{b}), \mathbf{p})])^2 / ((|C_h| + 20) * |L'| * |I'|) \end{aligned} \quad (8)$$

siendo L' el subconjunto de minucias de L que se intercepta con el área ocupada por las minucias de I al alinear las huellas por el par $(\mathbf{a}, \mathbf{b})$; mientras que I' es el subconjunto de minucias de I que se intercepta con el área ocupada por las minucias de L al alinear las huellas por el par $(\mathbf{a}, \mathbf{b})$.

g. Si $|C_h| > 3$ entonces actualizar el conjunto de clústeres $C_s = C_s \cup \{C_h\}$.

// El peso de cada clúster se calcula acumulando el peso de los pares de minucias que contiene (8, Fig. 4a).

Paso 8. Por cada $C_h \in C_s$ hacer:

a. Sea $w_{C_h} = 0$ el peso asociado al clúster C_h .

b. Por cada $(\mathbf{q}_k, \mathbf{p}_k) \in C_h$ hacer:

i. Actualizar $w_{C_h} = w_{C_h} + w_{\mathbf{p}_k}^{\mathbf{q}_k}$.

// Inicializar el conjunto resultante (9, Fig. 4a) e iterar por cada clúster (50, Fig. 4a) de mayor a menor peso para intentar mezclar con el conjunto resultante (51, Fig. 4a).

Paso 9. Ordenar C_s descendientemente de acuerdo al peso w_{C_h} de sus elementos.

Paso 10. Sea $C_s' = \{\}$ el conjunto de clústeres que serán seleccionados para ser mezclados. Sea $M' = \{\}$ el conjunto de pares de minucias resultante de la mezcla de clústeres en C_s' .

Paso 11. Por cada $C_h \in Cs$ verificar que eh puede ser mezclado con cada clúster C_g en Cs' como sigue:

a. Actualizar $Cs' = Cs' \cup \{C_h\}$ y $M' = M' \cup C_h$ si C_h y cada $C_g \in Cs'$ cumplen que

$$\forall (q_j, p_j) \in C_g, (q_k, p_k) \in C_h \left[(q_j \neq q_k \wedge p_j \neq p_k) \vee (q_j = q_k \wedge p_j = p_k) \right] \wedge$$

$$\exists (q_i, p_i) \in C_h \left[(q_i, p_i) \notin C_g \right] \wedge d_e(\psi(q_h, q_g, p_g), p_h) \leq 70 \wedge$$

$$d_\theta(\psi(q_h, q_g, p_g), p_h) \leq \pi/3 \text{ siendo } (q_h, p_h) \text{ el centroide del clúster } C_h, (q_g, p_g)$$

C_g , ψ la función definida en

$$U \times U \times U \rightarrow U, \mathbf{a}, \mathbf{b}, \mathbf{c} \rightarrow \cos \Delta \theta - \sin \Delta \theta \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_a & -x_b \\ y_a & -y_b \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a & -b \\ b & +a \end{pmatrix} + x$$

$cyc\theta cT(1)$, de la función definida en (3) y $d\theta$ la función definida en (5).

5

// Un modelo Thin Plate Spline (TPS) (A. M. Bazen and S. H. Gerez, "Fingerprint matching by thin-plate spline modelling of elastic deformations", *Pattern Recognition*, vol. 36, no. 8, pp. 1859-1867, 2003.) es creado a partir de los pares de minucias coincidentes encontrados hasta este punto. El modelo TPS es usado para hallar nuevos pares de minucias coincidentes (61, Fig. 4b).

10

Paso 12. Construir un modelo TPS como en (A. M. Bazen and S. H. Gerez, "Fingerprint matching by thin-plate spline modelling of elastic deformations", *Pattern Recognition*, vol. 36, no. 8, pp. 1859-1867, 2003.) pero, en lugar de usar las coincidencias locales como en (A. M. Bazen and S. H. Gerez, "Fingerprint matching by thin-plate spline modelling of elastic deformations", *Pattern Recognition*, vol. 36, no. 8, pp. 1859-1867, 2003.), en esta invención se usan las coincidencias (M') encontradas al mezclar los clústeres.

15

Paso 13. Sea M'' el conjunto de nuevos pares de minucias coincidentes que se encuentran entre L e I a través del modelo TPS. Este paso se realiza como en (A. M. Bazen and S. H. Gerez, "Fingerprint matching by thin-plate spline modelling of elastic deformations", *Pattern Recognition*, vol. 36, no. 8, pp. 1859-1867, 2003.) pero usando una sola iteración en lugar de múltiples.

20

25

// Calculando el peso de las nuevas coincidencias (62 al 65, Fig. 4b)

Paso 14. Por cada $(q_h, p_h) \in M'' - M'$, repetir los pasos del 7.a al 7.f para calcular el peso $w_{p_h}^{q_h}$ del par de minucias coincidentes (q_h, p_h) .

30

// El valor final de similitud (66, Fig. 4b) es la suma de los pesos de los pares de minucias coincidentes encontrados como resultado de la mezcla de clústeres y del uso del modelo TPS construido.

35

Paso 15. Sea score = 0 el valor de similitud resultante.

Paso 16. Por cada $(\mathbf{q}_h, \mathbf{p}_h) \in M'' \cup M'$ hacer:

a. Actualizar $score = score + w_{\mathbf{p}_{i,h}}^{\mathbf{q}_{j,h}}$.

5 Paso 17. Retornar $score$.

Los términos en que se ha descrito esta memoria deberán ser tomados siempre con carácter amplio y no limitativo.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para la comparación de huellas dactilares y palmares basada en múltiples clústeres deformables de minucias coincidentes que se **caracteriza** por estar conformado por diversos componentes electrónicos tales como un escáner de huellas para digitalizar las huellas dactilares o palmares; una memoria o dispositivo de almacenamiento para guardar la información relativa a las huellas digitalizadas; y un módulo de procesamiento de datos que de manera preferente es un CPU aunque puede utilizarse un FPGA, microcontrolador, u otro que haga las mismas funciones, mismo que, mediante al menos un método de control, analiza y procesa las huellas digitalizadas con el objetivo de mejorarlas o extraer de ellas información que es usada para comparar las huellas digitalizadas con otras previamente almacenadas mediante el uso de múltiples clústeres de minucias para la solución de las problemáticas siguientes: la verificación de huellas dactilares, la verificación de huellas palmares, y la identificación de huellas latentes dactilares y palmares; retornando en todos los casos el valor de similitud entre dos huellas representadas en término de descriptores de minucias.
2. Un método para la comparación de huellas dactilares y palmares basada en múltiples clústeres deformables de minucias coincidentes, **caracterizado** porque consiste en los siguientes pasos generales:
 - a. comparar los descriptores de minucias,
 - b. seleccionar las minucias coincidentes localmente,
 - c. hallar los clústeres y pesos de minucias coincidentes localmente,
 - d. calcular el peso de los clústeres,
 - e. mezclar los clústeres de acuerdo a su peso para hallar los pares de minucias coincidentes globalmente,
 - f. construir un modelo TPS y hallar nuevas coincidencias globales,
 - g. calcular el peso de los pares de coincidencias globales en encontrados con el modelo TPS,
 - h. calcular y retornar el valor de similitud.
3. El método para la comparación de huellas dactilares y palmares basada en múltiples clústeres deformables de minucias coincidentes, conforme a la reivindicación 2, **caracterizado** porque el paso relativo a comparar los descriptores de minucias consiste en hallar el valor de similitud de comparar cada descriptor de minucia de una huella con cada descriptor de minucia de la otra huella.
4. El método para la comparación de huellas dactilares y palmares basada en múltiples clústeres deformables de minucias coincidentes, conforme a la reivindicación 2, **caracterizado** porque el paso relativo a seleccionar las minucias coincidentes localmente consiste en seleccionar pares de minucias si alguna de las minucias de cada par que se seleccione no está involucrada en otro par seleccionado de mayor valor de similitud de sus respectivos descriptores de minucias.

5. El método para la comparación de huellas dactilares y palmares basada en múltiples clústeres deformables de minucias coincidentes, conforme a la reivindicación 2, **caracterizado** porque el paso relativo a hallar los clústeres y pesos de minucias coincidentes localmente consiste en realizar una alineación por cada par de minucias coincidentes localmente y determinar un clúster de coincidencias por cada alineación. La definición de clúster en la invención no depende de la conectividad entre los descriptores de minucias que componen el clúster, con esto se logra una mayor tolerancia a las minucias ausentes y los errores del extractor de rasgos. Las minucias coincidentes dentro de un mismo clúster cumplen con ciertas restricciones geométricas con respecto al centroide de su clúster. Cada clúster de coincidencias es usado para calcular el peso del par de minucias que lo generó a través de una alineación. Dos pares de minucias con similares características a nivel local, no necesariamente tienen el mismo peso porque la invención también toma en cuenta las características globales para calcular dicho peso. Más aún, para la identificación de huellas dactilares y palmares latentes se propone una forma de calcular el peso diferente a la usada para la verificación de huellas dactilares y a la usada para la verificación de huellas palmares.

6. El método para la comparación de huellas dactilares y palmares basada en múltiples clústeres deformables de minucias coincidentes, conforme a la reivindicación anterior, **caracterizado** porque el paso relativo a hallar los clústeres y pesos de minucias coincidentes localmente varía la forma de calcular la función p (peso de minucias coincidentes localmente) de manera diferente para tres aplicaciones diferentes: a. identificación de huellas latentes palmares y dactilares; b. verificación de huellas dactilares; c. verificación de huellas palmares.

7. El método para la comparación de huellas dactilares y palmares basada en múltiples clústeres deformables de minucias coincidentes, conforme a la reivindicación 2, **caracterizado** porque el paso relativo a calcular el peso de los clústeres consiste en calcular el peso del clúster sumando el peso de los pares de minucias que contiene dicho clúster.

8. El método para la comparación de huellas dactilares y palmares basada en múltiples clústeres deformables de minucias coincidentes, conforme a la reivindicación 2, **caracterizado** porque el paso relativo a mezclar los clústeres de acuerdo a su peso para hallar los pares de minucias coincidentes globalmente consiste en mezclar los clústeres de coincidencias de mayor a menor peso verificando determinadas restricciones geométricas entre los centroides de clústeres y comprobando que no haya pares de minucias coincidentes diferentes compartiendo una minucia común.

9. El método para la comparación de huellas dactilares y palmares basada en múltiples clústeres deformables de minucias coincidentes, conforme a la reivindicación 2, **caracterizado** porque el paso relativo a construir un modelo TPS y hallar nuevas coincidencias globales consiste en encontrar nuevos pares de minucias coincidentes a partir del modelo Thin-Plate Spline que es construido a partir de los pares de minucias coincidentes encontrados al mezclar los clústeres.

10. El método para la comparación de huellas dactilares y palmares basada en múltiples clústeres deformables de minucias coincidentes, conforme a la reivindicación 2, **caracterizado** porque el paso relativo a calcular el peso de los pares de coincidencias globales encontrados con el modelo TPS consiste en hallar los clústeres y pesos de

minucias coincidentes conforme a la reivindicación 5 pero esta vez a partir de las nuevas coincidencias globales calculadas conforme a la reivindicación 9.

- 5 11. El método para la comparación de huellas dactilares y palmares basada en múltiples clústeres deformables de minucias coincidentes, conforme a la reivindicación 2, **caracterizado** porque el paso relativo a calcular y retornar el valor de similitud consiste en retornar como valor de similitud de las huellas que se comparan, la suma de los pesos de los pares de minucias coincidentes encontrados conforme a las reivindicaciones 8 y 9.
- 10 12. El método para la comparación de huellas dactilares y palmares basada en múltiples clústeres deformables de minucias coincidentes, conforme a la reivindicación 2, **caracterizado** porque el paso relativo a calcular y retornar el valor de similitud retorna un número real mayor o igual que cero que mientras más grande sea, mayor será el parecido entre las huellas que se comparan.
- 15 13. El método para la comparación de huellas dactilares y palmares basada en múltiples clústeres deformables de minucias coincidentes, **caracterizado** porque es capaz de utilizar minucias del tipo bifurcaciones donde las minucias se sitúan en el origen de la bifurcación y la dirección coincide con la dirección del surco que se encuentra en el medio de las crestas que corren paralelas a partir de la bifurcación.
- 20 14. El método para la comparación de huellas dactilares y palmares basada en múltiples clústeres deformables de minucias coincidentes, **caracterizado** porque es capaz de utilizar minucias del tipo terminaciones donde las minucias se sitúan en el origen o terminación de las crestas y la dirección de cada minucia coincide con la dirección de la cresta donde reside dicha minucia.
- 25 15. El método para la comparación de huellas dactilares y palmares basada en múltiples clústeres deformables de minucias coincidentes, **caracterizado** porque es capaz de utilizar minucias cuyas coordenadas horizontales y verticales se representan a partir de que el origen de coordenadas se encuentra en la esquina superior izquierda de la imagen de las huellas donde el eje horizontal se incrementa de izquierda a derecha y el vertical se incrementa de arriba hacia abajo.
- 30 16. El método para la comparación de huellas dactilares y palmares basada en múltiples clústeres deformables de minucias coincidentes, **caracterizado** porque es capaz de utilizar minucias cuyas direcciones se representan por ángulos en radianes que se incrementan de acuerdo al sentido de las manecillas del reloj y cuyo origen de coordenadas es la esquina superior izquierda de la imagen de las huellas comenzando a medirse el ángulo a partir del eje horizontal el cual se incrementa de izquierda a derecha.
- 35 40 17. El método para la comparación de huellas dactilares y palmares basada en múltiples clústeres deformables de minucias coincidentes, **caracterizado** porque es capaz de utilizar cualquier tipo de descriptor de minucias tales como pares de minucias, tríos de minucias, Minutia Cylinder Codes (Códigos de Cilindros de Minucias), descriptores basados en la imagen de orientación, etc.
- 45

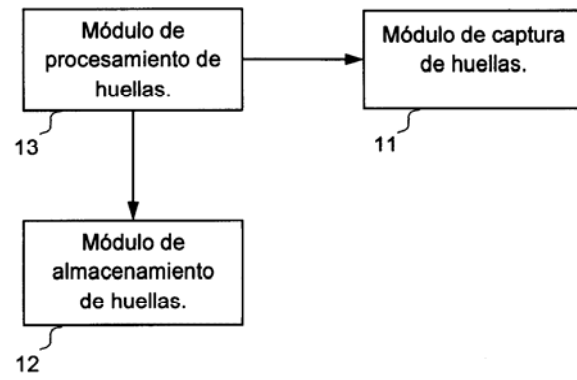


Fig. 1

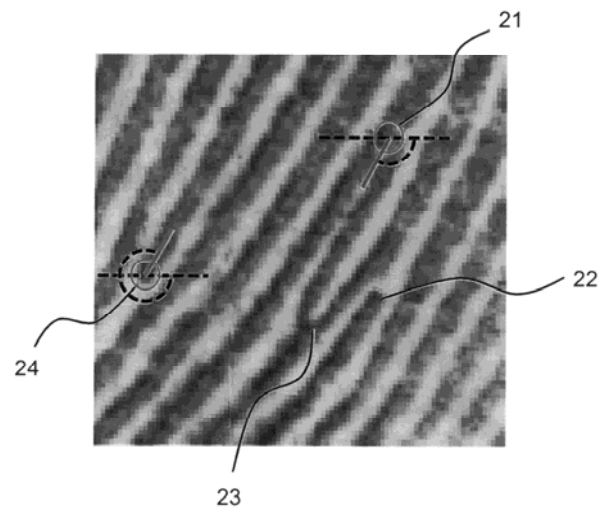


Fig. 2

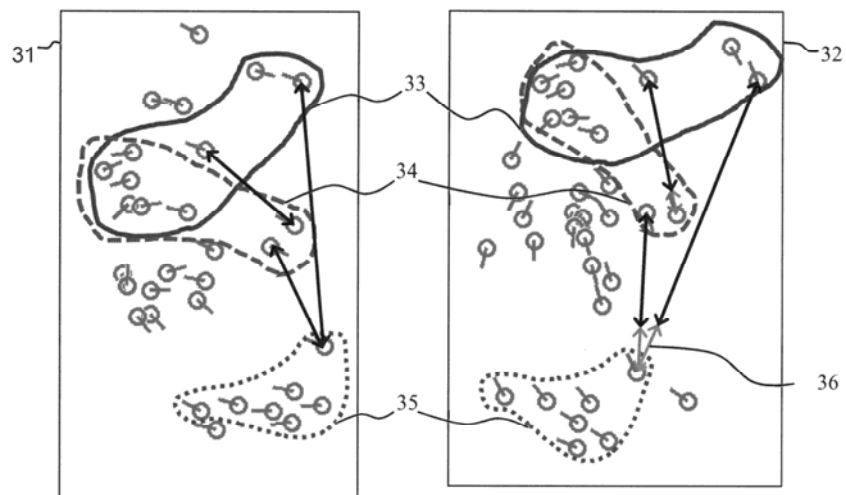
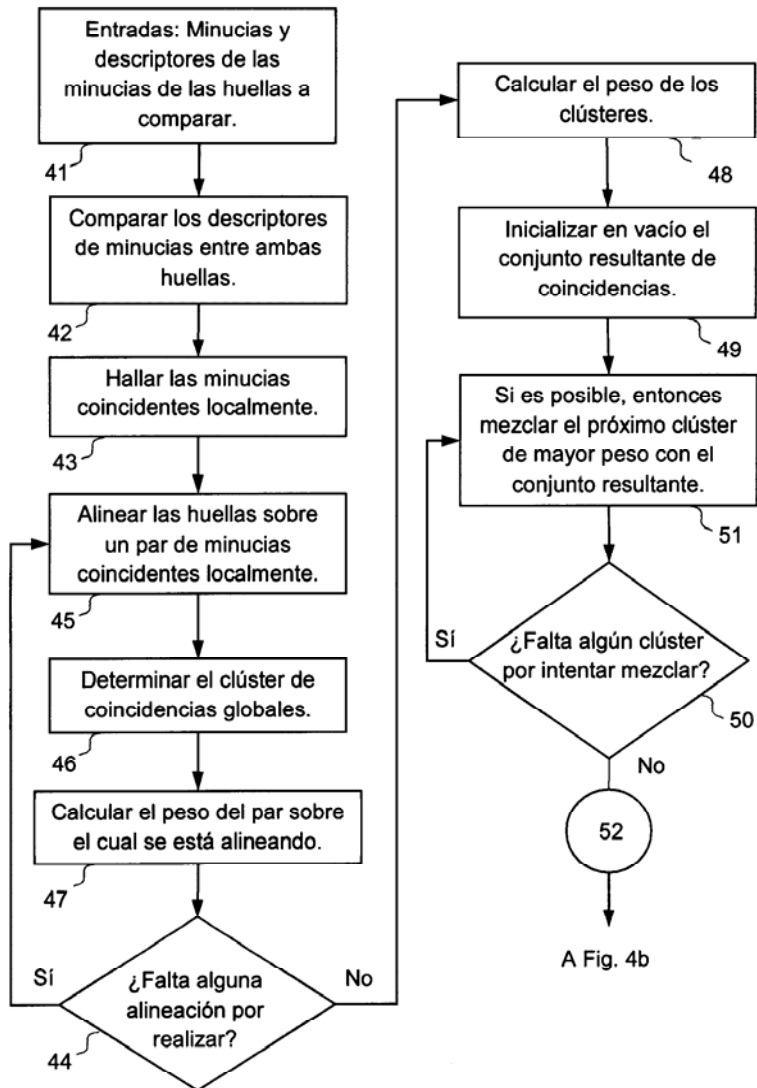
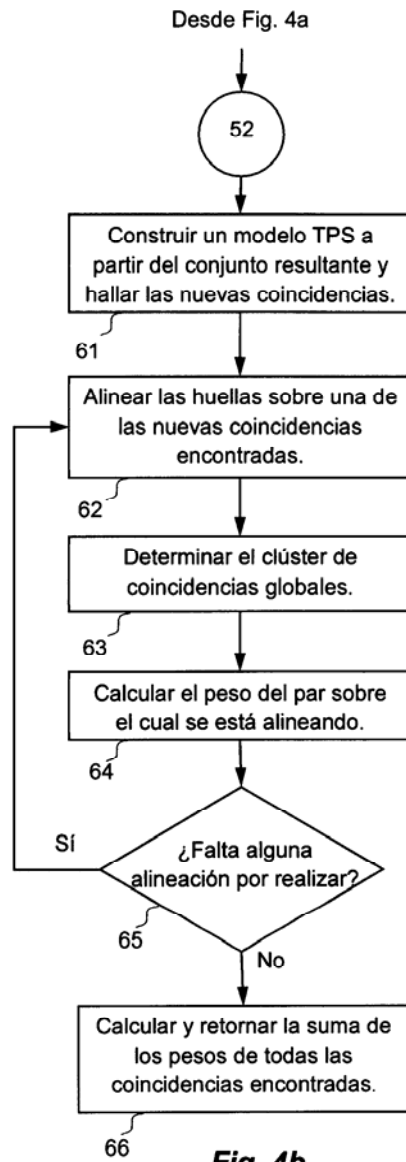


Fig. 3

**Fig. 4a**





OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201500514

②② Fecha de presentación de la solicitud: 01.07.2015

③② Fecha de prioridad: **06-03-2015**

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G06K9/46** (2006.01)
A61B5/117 (2016.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	JAIN, A. K., FENG, J. & NANDAKUMAR, K.: "Fingerprint matching", Computer, 2003, Vol. 43, nº 2, páginas 36-44.	1
A		2-5,9-17
A	LIU, E., JAIN, A. K. & TIAN, J.: "A Coarse to Fine Minutiae-Based Latent Palmprint Matching", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, octubre de 2013, Vol. 35, nº 10, páginas 2307-2322.	1-4,12-17
A	EP 0098152 A2 (NEC CORPORATION) 11.01.1984, resumen; página 1, línea 2 – página 6, línea 13; página 9, línea 26 – página 10, línea 25; figura 7.	1-5,12-17
A	US 20060083414 A1 (NEUMANN, C. et al.) 20.04.2006, resumen; párrafos [[0001]-[0077]; figuras.	1-8,12-17
A	PAULINO, A., FENG, J. & JAIN, A.: "Latent Fingerprint Matching Using Descriptor-Based Hough Transform", IEEE Transactions on Information Forensics and Security, enero de 2013, Vol. 8, nº 1, páginas 31-45.	1-4,12-17
A	CHAN, K. C., MOON, Y. S. & CHENG, P. S.: "Fast Fingerprint Verification Using Subregions of Fingerprint Images", IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, enero de 2004, Vol. 14, nº 1, páginas 95-101.	1-4,12-16
A	US 20090185724 A1 (MARTI, S. et al.) 23.07.2009, resumen; párrafos [0003]-[0007],[0012]-[0018]; figura 1.	1-3,5,12-16

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
28.03.2016

Examinador
Ó. González Peñalba

Página
1/5

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G06K, A61B, G01B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 28.03.2016

Declaración**Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)**

Reivindicaciones 2-17

SI

Reivindicaciones 1

NO**Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)**

Reivindicaciones 2-17

SI

Reivindicaciones 1

NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	JAIN, A. K., FENG, J. & NANDAKUMAR, K.: "Fingerprint matching", Computer, 2003, Vol. 43, nº 2, páginas 36-44.	2003
D02	LIU, E., JAIN, A. K. & TIAN, J.: "A Coarse to Fine Minutiae-Based Latent Palmprint Matching", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, octubre de 2013, Vol. 35, nº 10, páginas 2307-2322.	Octubre de 2013

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Se considera que la invención definida en la reivindicación 1 de la presente Solicitud carece de novedad por estar idénticamente recogida en el estado de la técnica.

En efecto, en el documento D01, citado en el Informe sobre el Estado de la Técnica (IET) con la categoría X para dicha reivindicación primera y considerado el antecedente tecnológico más próximo al objeto en ella definido, se describe un sistema para la comparación de huellas dactilares y palmares que consta, al igual que la invención, de un escáner de huellas con capacidad de digitalización (final de la página 38), una memoria o dispositivo de almacenamiento (misma columna, parte superior) para guardar la información relativa a las huellas digitalizadas, y un módulo de procesamiento de datos ("matcher module"; misma columna) que, mediante al menos un método de control, analiza y procesa las huellas digitalizadas con el objetivo de mejorarlas o extraer de ellas información que es usada para comparar las huellas digitalizadas con otras previamente almacenadas.

No se alude en dicho documento al uso específico de clústeres deformables de minucias como procedimiento de empleo, pero, al tratarse el objeto de la reivindicación primera de un dispositivo, este se caracteriza únicamente por sus características físicas, estructurales o materiales necesarias para su construcción en la práctica, y no por el modo en que opere en función de la programación o software que incorpore, concepto no patentable en la legislación actual y que, en todo caso, no alteraría el dispositivo como tal, aunque sí podría corresponder (expresado con el formalismo de un procedimiento, en etapas o pasos de actuación) al objeto de una reivindicación de método como las que siguen a la primera. Toda la información relevante en la definición del dispositivo de la reivindicación 1 se halla, por tanto, contenida en D01, por lo que esta reivindicación carece de novedad respecto a dicho documento de acuerdo con el Artículo 6 de la vigente Ley de Patentes.

Por otra parte, se ha considerado, dentro del plazo establecido al efecto, que las restantes reivindicaciones 2-17 de esta Solicitud tienen novedad y actividad inventiva por no estar comprendidas en el estado de la técnica ni poder deducirse de este de un modo evidente por un experto en la materia.

A este respecto, tanto el mencionado D01 como otros documentos recogen procedimientos de comparación de huellas dactilares (se conoce también desde hace tiempo la comparación de huellas palmares, menos prolífica en la literatura) basados en la comparación de pequeños rasgos ("minucias") característicos de las huellas, entre una huella conocida, previamente almacenada, y una huella de comparación cuya identidad quiere averiguarse. D01, por ejemplo, anticipa los primeros pasos del método de la reivindicación 2, la comparación y selección de pares de minucias basada en sus descriptores locales, pero no habla de su reparto en grupos ("clústeres") ni de su posterior evaluación por pesos y mezcla en función de estos, pasos constitutivos de las siguientes etapas de la reivindicación 2 y esenciales en ella.

Por su parte, el documento D02, también mencionado por el propio Solicitante y citado en el IET con la categoría A, como mero reflejo del estado de la técnica de la comparación de huellas personales por tratamiento computacional de datos de imagen, describe un procedimiento análogo de comparación de huellas dactilares que comienza clasificando las minucias en clústeres preestablecidos partiendo de algoritmos predeterminados, y, a partir de esos clústeres, encuentra pares de minucias "semilla" de los que deduce nuevos pares por un procedimiento "propagante" (los sucesivos pares encontrados refuerzan o anulan la validez de los anteriores), para, finalmente, efectuar una evaluación de la coincidencia final calculando un valor respecto de un umbral. El concepto de clúster empleado en D02, es, sin embargo, distinto del de la invención por cuanto se refiere, no a grupos de minucias similares encontrados entre la huella incógnita y la patrón, sino a formatos arquetípicos previamente definidos por un proceso de aprendizaje que clasifican las minucias en distintas tipologías en función, no solo de los parámetros descriptivos de la propia minucia (posición, orientación y tipo), sino también de las características de su entorno (orientación del flujo de líneas, frecuencia de líneas,...); y tampoco se realiza, como en la invención, una mezcla de clústeres en función del peso para encontrar, en un proceso iterativo, nuevos pares de minucias que refuercen la validez de los clústeres inicialmente encontrados. El procedimiento de la reivindicación 2, y, por tanto, de las restantes 3-17 que dependen de ella, se diferencia de manera esencial y distintiva de otros conocidos y tiene, en consecuencia, novedad y actividad inventiva según los Arts. 6 y 8 LP.

En definitiva, cabe concluir que el dispositivo de la invención no se diferencia de otros conocidos del estado de la técnica sino por su programación, que, como tal dispositivo, no lo caracteriza pero sí constituye, sin embargo, expresada como método, un nuevo e inventivo procedimiento de uso de dispositivos conocidos para la comparación de huellas.