

IDENTIFICACION INTELIGENTE DE PERSONAS MEDIANTE LOS DERMATOGLIFOS

JESUS DARIO LANDA SILVA
CENTRO DE INVESTIGACION EN TECNOLOGIA INFORMATICA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS Y COMPUTACION
INSTITUTO TECNOLOGICO DE CHIHUAHUA II
CHIHUAHUA, CHI., MEXICO
e' mail : tecii@buzon.online.com.mx

RESUMEN. La identificación biométrica (voz, rostro, huella dactilar, retina, iris) de personas requiere gran capacidad de procesamiento debido a la complejidad de los patrones extraídos[1-3]. Se presenta el estudio mediante visión por computadora, de una nueva característica, los dermatoglifos palmares o pliegues de flexión. *Se demuestra que existe una nueva característica biométrica susceptible de ser utilizada para la identificación de personas, los dermatoglifos palmares, y se presentan las técnicas para lograr la caracterización de un individuo mediante la medición de dichos patrones cutáneos, la cual se puede emplear tanto en identificación como en estudios genéticos[4,5].* Se obtiene una imagen en escala de gris de la palma de la mano, y el proceso comprende : extracción de bordes, binarización, operaciones morfológicas, reconstrucción e interpretación.

INTRODUCCION.

La identificación de personas en forma inteligente utilizando la biométrica, ha sido una de las áreas de investigación más estudiadas por diversos investigadores, sin embargo, en la mayoría de las características fisiológicas, se obtienen patrones con grado de complejidad considerable. En éste trabajo, presentamos el estudio, mediante visión artificial, de los pliegues de flexión en la palma de la mano, conocidos como "dermatoglifos" [5], éstas marcas, se encuentran genéticamente determinadas al igual que las huellas dactilares, sin embargo, contienen menos información y por lo tanto, su procesamiento es mas sencillo.

Los estudios genéticos han establecido que, al igual que una huella dactilar, los pliegues de flexión se forman a las pocas semanas de gestación, y que éstos patrones pueden ser idénticos solo en individuos monocigóticos (gemelos).

Se establece una metodología para medir o caracterizar el patrón dermatoglífico y lograr establecer un factor discriminante de identificación. Para esto, es necesario extraer la líneas de flexión de la imagen digitalizada, aislar la estructura geométrica del patrón dermatoglífico, y representarlo mediante un vector característico $V = [W1, W2, W3, \dots, Wn]$ [6].

Las imágenes de una huella palmar requieren que en la etapa de preprocesamiento se apliquen diversos algoritmos, ya que la segmentación resulta ser difícil por la naturaleza misma de las imágenes.

Palabras Clave : Dermatoglifos, Identificación Biométrica, Visión por Computadora.

LOS DERMATOGLIFOS.

Los dermatoglifos que se estudiaron son los pliegues de flexión en las palmas de la mano, de los cuales, generalmente existen dos o tres pliegues principales en cada persona. La imagen digitalizada que se adquiere en 256 tonos de gris y con resolución de 256 X 243 (62208 pixeles), presenta ciertas características particulares que dificultan su procesamiento :

- a) Bajo contraste entre los pliegues y la superficie palmar por la gran similitud en la pigmentación de la piel en ésta área.
- b) Histograma con tendencia unimodal, ya que el objeto ocupa un área muy pequeña de la imagen.
- c) Grado de brillantez distinto para cada imagen, que refleja la pigmentación en la piel para cada individuo.

En la figura 1 se muestra una imagen digitalizada en la cual se pueden observar las condiciones antes mencionadas.

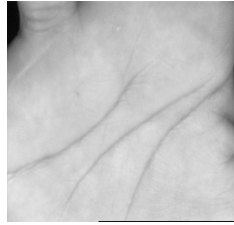


FIG. 1 IMAGEN DIGITALIZADA DE LOS DERMATOGLIFOS PALMARES.

DESCRIPCION DEL PROCESO.

El procesamiento de las imágenes en estudio comprende las etapas siguientes :

1. Filtrado.

La aplicación de un filtro derivativo permite agudizar los bordes y atenuar el ruido[6,7], además, elimina las regiones que no contienen bordes, es decir, se resalta el contraste entre la superficie palmar y los pliegues de flexión. Se aplica el filtro de Sobel mediante la convolución de la imagen con las máscaras correspondientes y se obtiene el resultado que se muestra en la figura 2, en la cual, se observa mejor definición de los dermatoglifos en cuestión.

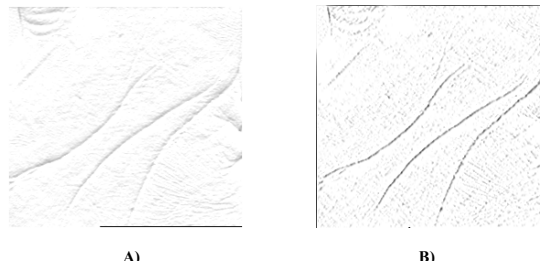


FIG. 2 APLICACIÓN DEL FILTRO DE SOBEL. A) EJE X B) EJE Y.

2. Binarización.

Un análisis del histograma, permite determinar dinámicamente el umbral óptimo para la imagen. Se aplica un método de selección automática basado en el análisis del histograma [8], en éste algoritmo, se considera al histograma como una función de densidad de una dimensión, y para cada nivel de gris (0 a 255) se determina el valor de la función, dado por :

$$P_i = \frac{n_i}{N_T} \quad i = 0, 2, 3, \dots, 255$$

en donde :

n_i = No. de pixeles en la imagen con nivel i ,

N_T = No. total de pixeles en la imagen.

el momento de orden uno (media) para todo el histograma está dado por :

$$m_1 = \mu_T = \sum_{i=1}^L (i)(P_i) = \sum_{i=1}^L i \left(\frac{n_i}{N_T} \right)$$

Al binarizar, se divide en 2 clases C0 y C1 con niveles 0-k y K+1-L respectivamente. En cada nivel k, se obtienen 2 momentos cumulativos :

$$\omega(k) = \sum_{i=1}^L P_i \quad \mu(k) = \sum_{i=1}^L (i)(P_i)$$

que representan la probabilidad de la ocurrencia de la clase y la media de la clase respectivamente. El umbral óptimo seleccionado, es aquel que maximiza la separabilidad entre las clases, dada por :

$$\sigma_B^2(k) = \frac{[\mu_T \omega(k) - \mu(k)]^2}{\omega(k)[1 - \omega(k)]}$$

En la figura 3C se muestra el resultado de la binarización empleando éste método.

3. Adelgazamiento.

Para extraer la estructura geométrica del patrón dermatoglífico, se aplica una operación de adelgazamiento, de la cual existen varios algoritmos[9]. Se aplicaron tres algoritmos, “Algoritmo de Arcelli[13]”, “Algoritmo de Zhang y Suen[7]” y “Algoritmo Safe Point Thinning Algorithm (SPTA)[10] de Naccache y Shinghal” de los cuales aunque no se tienen diferencias significativas entre ellos ni siquiera en tiempo de ejecución, se seleccionó el algoritmo SPTA, el cual identifica pixeles de borde en cada una de las cuatro direcciones principales y los elimina cuando cumplen con las condiciones establecidas :

- a) no es pixel final de arco
- b) su eliminación no causa erosión excesiva.

Al aplicar este algoritmo, se obtiene la imagen mostrada en la figura 3D.

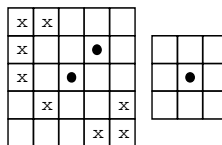
4. Reconstrucción del patrón.

Una vez adelgazada la imagen, permanecen estructuras parásitas, es decir, componentes que no forman parte del objeto y que no fueron eliminadas durante las etapas previas. Para lograrlo, se lleva a cabo la transformación "hit-miss", la cual, está definida por :

$$X###B = \{ x \mid BX1 \### X \### BX2 \### \overline{X} \}$$

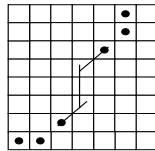
- donde : X = Imagen original,
- B = Elemento estructural,
- BX1 = Pertenece al objeto,
- BX2 = Pertenece al fondo.

El elemento estructural diseñado, se muestra en la siguiente máscara :



el cual se busca en toda la imagen para eliminarlo. Con lo anterior, se eliminan pixeles aislados y estructuras pequeñas de 2 y 3 pixeles que no son parte de los pliegues, obteniéndose la imagen con el patrón dermatoglífico prácticamente aislado. Para complementar la reconstrucción, se procede a rellenar las posibles rupturas que se producen en la adquisición y segmentación. El algoritmo desarrollado para tal efecto, se basa en la codificación de los patrones obtenidos mediante el código de cadena de Freeman[7].

La estructura geométrica que se obtiene hasta este punto, presenta generalmente rupturas como la siguiente :



Para reconstruir el patrón dermatoglífico, se llevan a cabo los pasos siguientes :

- Buscar un pixel inicio de arco (pliegue)
- Mientras continúa el borde
 - asignar código de Freeman
- Buscar el pixel vecino mas cercano
- Si la distancia de separación es menor o igual que cierta constante predeterminada,
 - reconstrucción mediante el cálculo de la distancia mínima.
 - si no, buscar siguiente arco (otro pliegue)
- Salir

En el paso (c), se busca un pixel que se encuentre dentro de un área delimitada por las coordenadas:

$$(i-1, j-8) (i-1, j+2) (i+11, j-8) (i+11, j+2)$$

en donde (i, j) es la coordenada del último pixel codificado en el paso (b).

En el paso (d) se establece la ruta mínima para rellenar la ruptura mediante el cálculo de distancia de Euclides dado por :

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Con este algoritmo, además de reconstruir las rupturas en los patrones y codificar los mismos, también se eliminan los componentes parásitos remanentes. En la figura 3E se muestran los patrones extraídos finalmente hasta este punto.

5. Descripción del patrón.

Los métodos de representación utilizados emplean el BCC obtenido en la reconstrucción de la imagen.

a) Firma.

Dada la secuencia de "n" puntos, $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ de cada pliegue, se obtiene el valor :

$$d_i = \sqrt{(x_{i_1})^2 + (y_i)^2}$$

que representa la distancia del origen a cada punto del borde. Se obtiene por lo tanto, una función unidimensional $f(i)$ de "n" valores, distinta para cada pliegue en estudio.

b) Descriptores de Fourier.

Para la misma secuencia de "n" puntos de cada patrón, cada uno se representa mediante un número complejo $s(k) = x(k) + jy(k)$, para $k=1, 2, \dots, n$. De cada $s(k)$, la DFT está dada por :

$$a(u) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n s(k) e^{\left(\frac{-j2\pi uk}{n}\right)}$$

para $u = 0, 1, 2, \dots, n$.

Todos los coeficientes obtenidos para un mismo pliegue, se suman y se tiene un solo descriptor :

$$S_T = \sum_{k=1}^n S(k)$$

c) Cantidad y longitud de los pliegues.

A partir de el BCC obtenido, se cuentan el número de dermatoglifos y la longitud de cada uno para cada imagen.

d) Aproximación cuadrática y exponencial.

Cada punto obtenido en la firma, se toma como un punto en una representación geométrica, es decir, se aproxima toda la función $f(i)$ hacia una ecuación cuadrática y una ecuación exponencial[11], dadas por :

$$P_2(x) = A_2 X^2 + A_1 X + A_0 \quad y \quad Y = be^{ax}$$

respectivamente.

e) Momentos estadísticos.

Para la función $g(x,y)$ correspondiente a la imagen, se determinan los momentos invariantes de 2 dimensiones, los cuales, representan la forma de cada patrón dermatoglífico. El estudio completo de éstos momentos se puede encontrar en [12].

RESULTADOS.

En la secuencia de imágenes de la figura 3 se muestran los resultados obtenidos en cada paso de el proceso hasta la reconstrucción, también en la figura 4 se observa el resultado de este algoritmo a la impresión palmar de otro individuo.

Se evaluó el proceso aplicándolo a una base de imágenes palmares a las cuales se les extrae la *firma* correspondiente para llevar a cabo la comparación entre las distintas gráficas obtenidas para cada persona, como se ilustra en la figura 5. La base de imágenes palmares considerada está clasificada en base hombres y mujeres así como en cuanto a la pigmentación de la piel.

	Piel blanca	Piel morena clara	Piel morena
Hombres	4	3	2
Mujeres	2	1	3
Total	6	4	5

Total de la muestra : 15 personas.

TABLA I DISTRIBUCION DE LA MUESTRA DE PRUEBA EN BASE A SEXO Y COLOR DE PIEL.

De cada persona se capturaron 5 imágenes, con lo cual se tiene que se procesaron 75 impresiones palmares durante ésta etapa a fin de medir los parámetros más importantes en la confiabilidad de la característica y establecer las conclusiones del trabajo.

Posteriormente se realizó la comparación entre las imágenes para distintos individuos y se calcularon en promedio, la diferencia que existe entre las *firmas* de un mismo individuo y entre las de cada individuo con las distintas personas, los resultados obtenidos se muestran en la tabla II.

Una vez extraído el patrón dermatoglífico, se obtiene una reducción de 98% de la imagen original, lo cual indica que el patrón en estudio se reduce considerablemente.

Al observar las tablas y resultados obtenidos se puede determinar que al obtener la *firma* para cada individuo en condiciones similares, se consigue una característica discriminante que aporta un buen nivel de confiabilidad. Haciendo una interpretación de las resultados podemos obtener el grado de similitud promedio que presenta ésta característica biométrica :

entre imágenes del mismo individuo : 743.2 entre imágenes de distintos individuos : 1914.3
dicha constante puede ser almacenada en una base de datos y ser considerada como un “ umbral ” para aceptar o rechazar la identidad de una persona.

En base a los resultados mostrados, una etapa posterior en éste trabajo será la integración en un sistema o prototipo a fin de evaluar en tiempo real los índices de falsos rechazos (FRR) y falsas aceptaciones (FAR) en caso de adoptarse ésta técnica como identificación biométrica.

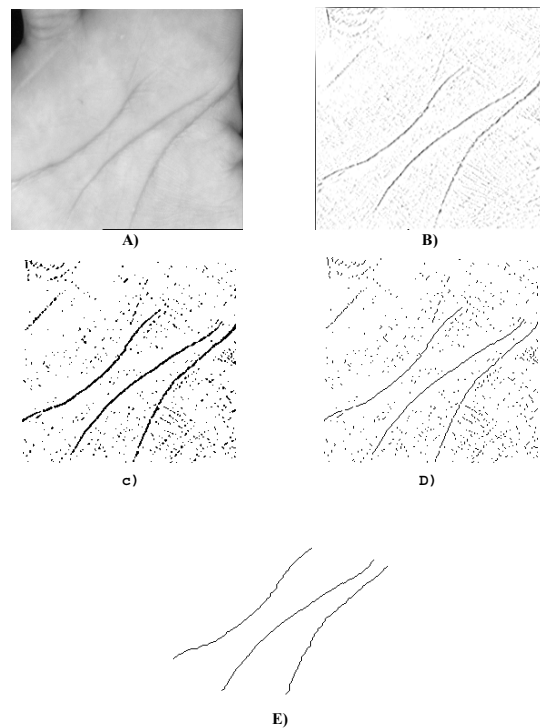


FIG. 3 ETAPAS EN EL PROCESAMIENTO DE LA IMAGEN INDIVIDUO "JAIME". (A) IMAGEN ORIGINAL, (B) DETECCION DE BORDES, (C) BINARIZACION, (D) ADELGAZAMIENTO, (E) PATRON AISLADO.

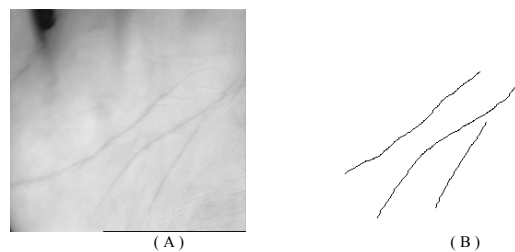


FIG. 4 PATRON DERMATOGLIFICO DE INDIVIDUO "DARIO". (A) IMAGEN ORIGINAL, (B) PATRON AISLADO.

CONCLUSIONES.

A partir del estudio aquí presentado, se concluye que efectivamente, los pliegues de flexión son una característica que puede ser utilizada para la identificación de personas, sin embargo se debe tomar en cuenta que la adquisición de las imágenes debe llevarse a cabo en forma controlada.

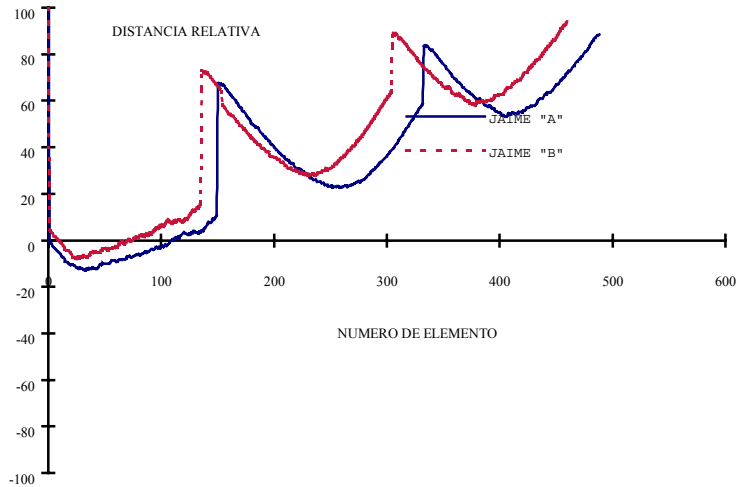
Con la metodología presentada, se pueden estudiar también genéticamente los patrones dermatoglíficos[4,5] ya que la extracción de los mismos no requiere que la impresión palmar se obtenga con tinta.

También se puede concluir que en las imágenes de personas con una tonalidad de piel blanca se presenta mayor dificultad para la extracción de los patrones dermatoglíficos (para algunos casos es imposible) debido principalmente a que el contraste real que existe entre el color de la palma de la mano y las líneas palmares es muy pobre.

Algunos puntos que deben ser tomados en cuenta a fin de aplicar las acciones correspondientes en el seguimiento de éste trabajo son :

1. Mejor equipo de adquisición de imágenes.
2. Mejor sistema de iluminación.
3. Aumentar el número de imágenes para cada persona.
4. Diseñar un dispositivo posicionador de la palma de la mano.
5. Variar la posición de la palma al capturar la imagen.

FIGURA 5. COMPARACION ENTRE DISTINTAS FIRMAS DEL INDIVIDUO "JAIME".



	Promedio de comparación entre las <i>firmas</i> del mismo individuo	Promedio de comparación entre las <i>firmas</i> de los distintos individuos
"Dario"	750	1312
"Ochoa"	719	1268
"Isidro"	1456	1113
"Licon"	953	934
"Alma"	978	1442
"Lidia"	735	1390
"Omar"	861	1575
"Aidee"	330	1565
"Haydee"	688	1220
"Eduardo"	725	1527
"Roberto"	948	1340
"Brenda"	523	1408
"Ramos"	708	1812
"Laura"	1542	1734
"Ricardo"	1306	1489

TABLA II RAZONES DE COMPARACION ENTRE *FIRMAS* DEL MISMO INDIVIDUO Y *FIRMAS* DE DISTINTOS INDIVIDUOS. REFERENCIAS

- [1] Moayer Bijan, Fu King-Sun , " A Tree System Approach for Fingerprint Pattern Recognition " , IEEE Trans. on Pattern Anal. and Machine Intel. , vol. 8, pags. 376-387, 1986.
- [2] Brunelli R., Falavigna D., " Person Identification using Multiple Cues " , IEEE Trans. on Pattern Anal. and Machine Intel. , vol. 17, pags. 955-955, 1995.
- [3] Miller Benjamin, " Vitals Sign of Identity " , IEEE Spectrum Magazine, vol 31, pags. 22-30, 1994.
- [4] Cummins H., Midlo C., 1961," Fingerprints, palms nad soles , An Introduction to Dermatoglyphics " , Dover Publications Inc. New York.
- [5] Nora J. James, Clarke Fraser F., "Genetica Medica" , La Prensa Medica Mexicana.
- [6] Adrian Low, 1991," Computer vision and Image Processing " , Mc-Graw-Hill.
- [7] Gonzalez C. Rafael, Woods E. Richard, 1993, " Digital Imege Processing " , Addison-Wesley.
- [8] Noboyuky Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms", IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics, vol. 14, pags. 409-418.
- [9] Lam Lousa, Lee Seong-Whan, Suen Ching, "Thinning Methodologies A Comprehensive survey", IEEE Trans. on Pattern Anal. and Machine Intel., vol. 14, pags. 869-885, 1992.
- [10] Naccache Nabil, Shinghal Rajjan, "SPTA : A proposed Algorithm for Thinning Binary Patterns", IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics, vol. 14, pags. 409-418.
- [11] Burden L. Richard, Faires J., 1989, "Numerical Analysis", PWS-Kent Publishing Company, Boston.
- [12] Hu Ming-Kuei, "Visual Recognition by Moments Invariants", IEEE Trans. on Information Theory", February, pags. 179-187, 1962.
- [13] Vernon David, "Machine Vision" , Prentice–Hall, 1991.