Autentificación de Personas a partir de la Biometría de las Venas de la parte Posterior de la Mano

Francisco Alejandro Suárez Ruiz, Rosemberg Fajardo Pinto, Diego Alexander Tibaduiza B.

***Resumen*— En este proyecto de fin de carrera se ha diseñado y construido un sistema capaz de verificar personas a partir de la imagen de las venas de la mano. Las imágenes son adquiridas con una cámara digital comercial, son procesadas mediante una serie de técnicas que mejoran la calidad de las mismas para finalmente obtener las características de interés, las venas. A partir de la imagen segmentada de las venas se obtiene el esqueleto de la imagen con el cual es posible mediante un algoritmo estadístico de comparación verificar la identidad del usuario con una fiabilidad del 99.3%. El tiempo medio que se tarda el sistema desde la adquisición de la imagen hasta el resultado de la comparación es de 1.6 segundos.**

***Palabras Claves*— Biometría, Clasificador, Correlación, Discriminante, Imagen Digital, Segmentación**

I. INTRODUCCIÓN

CON el avance de la tecnología, cada día son más las tareas que antes eran realizadas por las personas, y ahora son realizadas de forma automatizada. Dentro de un amplio abanico de posibilidades que brinda el desarrollo e innovación tecnológica, se ha observado que los sistemas de autenticación de personas se están convirtiendo en un área emergente [1], y consecuentemente, la biometría se sitúa como el foco de atención de los investigadores de estos sistemas.

La biometría puede definirse formalmente como la ciencia que se dedica a la identificación de personas a partir de unos rasgos de comportamiento o anatómicos. Un ejemplo de rasgo de comportamiento es la firma, y por otro lado, ejemplos anatómicos los podemos encontrar en huellas dactilares, iris, etc.

Para que un sistema biométrico sea eficiente, los identificadores o rasgos personales objeto de estudio deben reunir las siguientes cualidades[2]:

- *Universalidad:* todas las personas tienen que presentar la característica.
- *Singularidad:* dos personas cualesquiera tienen que ser distinguidas suficientemente una de otra basándose en la característica.
- *Estabilidad:* la característica tiene que ser lo suficientemente estable a lo largo del tiempo y en condiciones ambientales diversas.
- *Cuantificable:* la característica tiene que ser mesurable cuantitativamente.
- *Aceptabilidad:* el nivel de aceptación de la característica por parte de las personas debe ser suficiente como para ser considerada parte de un sistema de identificación biométrico.
- *Rendimiento:* el nivel de exactitud requerido debe ser elevado para que la característica sea considerada como aceptable.
- *Usurpación:* permite establecer el nivel al que el sistema es capaz de resistir a técnicas fraudulentas. [2]

El identificador biométrico de la mano, más conocido, que satisface los siete requisitos anteriormente señalados es la huella dactilar. Este indicador ha sido utilizado por los seres humanos para la autenticación personal hace más de cien años [3]. En la actualidad estas huellas presentan una de las tecnologías biométricas más maduras y son consideradas pruebas legítimas de evidencia criminal en cualquier parte del mundo. Además, las aplicaciones relacionadas con las huellas no solo se centran en la criminología, como identificación de sospechosos por huellas dejadas en el escenario de crimen, sino también en el ámbito comercial, como control de acceso, sistema de seguridad, sistema de vigilancia, etc.

Siguiendo con esa línea de investigación e innovación, este proyecto presenta un novedoso sistema de autenticación basado en las venas de la parte posterior de la mano, del cual se conocen pocas aplicaciones, pero se tiene la certeza de las prestaciones que nos brinda este identificador. Adicionalmente se ha desarrollado un prototipo capaz de identificar personas en tiempo real con buenas prestaciones en rendimiento y eficiencia.

Manuscrito recibido el 27 de julio de 2007. Este trabajo fue patrocinado por la Universidad Autónoma de Bucaramanga.

F.A.S.R esta con la Universidad Autónoma de Bucaramanga. e-mail: fsuarez4@ unab.edu.co.

R.F.P, esta con la Universidad Autónoma de Bucaramanga. e-mail: rfajardo@unab.edu.co.

D.A.T.B esta con la Facultad de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Autónoma de Bucaramanga. e-mail: dtibaduiza@unab.edu.co.

II. OBJETIVOS PERSEGUIDOS

El desafío de este proyecto de fin de carrera es desarrollar un algoritmo para la verificación de personas a través de las imágenes de las venas de la mano previa autentificación por contraseña, de tal manera que se establezca una fiabilidad aún mayor a la de los sistemas de seguridad convencionales.

Por consiguiente, se pretende que, el sistema sea lo más rápido posible, lo cual equivale a un coste computacional bajo y que responda bien ante imágenes corruptas o algún tipo de técnica fraudulenta que se intente aplicar sobre el sistema.

En resumen, los principales objetivos del presente proyecto son:

- Disponer los medios materiales para obtener las imágenes que componen una base de datos, con el que se realizará dicho proyecto, por ejemplo la fabricación de un soporte físico para el sensor de las imágenes, de modo que se consiga cierto nivel de libertad al sistema y así conseguir un mayor grado de agilidad en la captura de las imágenes para la base de datos.
- Componer una base de datos.
- Desarrollar algoritmos que sean capaces de realizar todas las etapas de procesado de la imagen (filtrado, segmentación, esqueleto de la imagen), necesarios para que la autentificación pueda llevarse a cabo.
- Hacer el sistema lo más versátil posible de tal manera que este pueda aceptar el ingreso de nuevos usuarios, teniendo como única limitante las capacidades del sistema de almacenamiento y computo.

III. SISTEMA DE CONTROL DE ACCESO

A continuación se presentan las etapas en las que se realizó este trabajo, desde el dispositivo de adquisición de imágenes hasta la implementación del algoritmo estadístico de comparación.

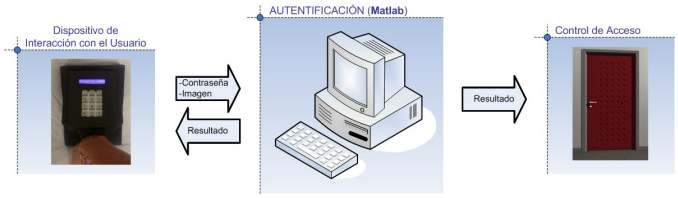


Fig. 1. Sistema de control de acceso

En la figura 1 se presenta un diagrama de bloques del sistema desarrollado. El propósito de este sistema es realizar la autentificación del usuario y dependiendo del resultado permitir o no su ingreso al área restringida. En términos generales se diferencian tres bloques:

- El dispositivo de interacción con el usuario
- El sistema de autentificación
- El control de acceso

Donde el dispositivo de interacción con el usuario recibe un numero de identificación personal (PIN), lo envía al sistema de autentificación (PC) mediante protocolo RS-232; con este pin se selecciona la información para verificar la identidad del usuario, el PC captura una imagen a través de una webcam ubicada en el DIU y finalmente envía la señal de apertura o no a la puerta.

IV. SISTEMA DE AUTENTIFICACIÓN

La realización de una comparación directa entre la imagen adquirida y las numerosas imágenes que pueden estar almacenadas en la base de datos no seria una estrategia muy fiable para abordar este problema, teniendo en cuenta la sensitividad a los errores (por ejemplo: ruidos en la imagen, áreas de la mano dañada o diferentes posiciones en la postura de la mano)

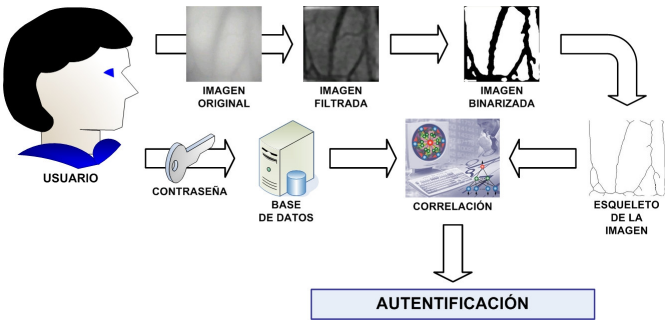


Fig. 2. Diagrama de bloques del proceso de autentificación

Una estrategia ideal para afrontar este problema es extraer una serie de puntos característicos a partir de la imagen original, y comparar entre estos conjuntos de características. Esta solución requiere de algoritmos complejos para el procesamiento de la imagen de las venas, eliminación de los ruidos, segmentación de la imagen, extracción de valores característicos. Con todo esto, los algoritmos deben ser tan rápidos y eficientes como sea posible para garantizar su uso en aplicaciones con alta demanda.

En la figura 2 se puede observar un esquema del proceso completo. Las etapas más importantes consisten en: adquisición de la contraseña y la imagen de las venas, pre-procesamiento o mejora de la imagen, binarización de la imagen, esqueletización de la imagen (con lo cual tenemos plantillas especificas para cada usuario que contienen la información para la verificación) y finalmente el proceso de autentificación.

A. Adquisición de las Imágenes

Las imágenes de la parte posterior de la mano fueron adquiridas con una cámara digital con una resolución máxima de 300 Kilo-píxeles sobre un soporte construido especialmente para este proyecto. En esta etapa todo el esfuerzo se enfoco en el control del ambiente en el cual se toma la foto, de tal manera que, sin importar la iluminación exterior, la foto tenga la mayor repetibilidad posible.

Para afrontar este hito se diseño el soporte de tal manera que se cierre completamente al ubicar la mano en posición de lectura y así no se permita el paso de ningún tipo de iluminación hacia el sistema. Consecuentemente se requirió la utilización de una iluminación artificial interna, para lo cual se dispusieron leds infrarrojos, 84 en total, los cuales generan un patrón oscuro al reflejar su luz en la sangre, permitiendo así que el patrón de las venas se vea aumentado considerablemente. Otra virtud de este tipo de luz es que no es visible, ya que esta por debajo del espectro visible del ser humano, pero mediante cámaras digitales es posible observarla ya que el silicio (elemento principal de los sensores CCD) es sensible a este tipo de luz.

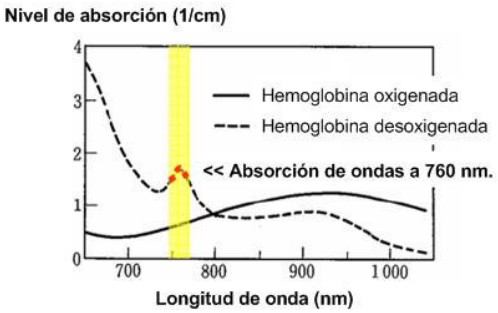


Fig.3. Niveles de absorción para la luz

En la figura 3 se puede observar el efecto mencionado, donde aparecen los niveles de absorción de la sangre para las diferentes longitudes de onda de la luz. Los diodos utilizados para el presente proyecto emiten luz con una longitud de onda de 760 nm. Cabe anotar que el espectro visual esta compuesto por la luz con una longitud de onda comprendida entre 400 y 700 nm.

La iluminación es el aspecto más decisivo de cualquier aplicación de visión artificial [4]. Eligiendo la técnica adecuada de iluminación se puede lograr un aumento en la exactitud, en la fiabilidad del sistema y en su tiempo de respuesta [5]. Es un error muy serio y costoso asumir que se puede compensar una iluminación inadecuada con un algoritmo.

B. Filtrado de la Imagen

Con esta etapa lo que se busca es mejorar la calidad de la imagen eliminando ruidos, subsanando cortes y, lo más importante, resaltando los relieves de las venas en la mano. El principio básico de funcionamiento de la técnica utilizada es, afrontar el problema desde el dominio de la frecuencia, más precisamente, con la transformada de Fourier. Para esta tarea se utilizó un filtro pasa alto *Butterworth*[9].

En la figura 4 se puede ver la forma de un filtro pasa alto. Cuando se habla de frecuencias en imágenes, estas están directamente relacionadas con la velocidad de los cambios en el nivel de gris.

La componente de frecuencia de variación más lenta corresponde al promediado de los niveles en la imagen. A medida que nos alejamos del origen de la transformada, la frecuencia de las componentes va aumentando a variaciones de intensidad cada vez más rápidas [7].

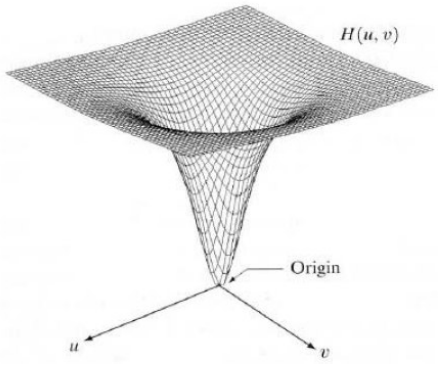
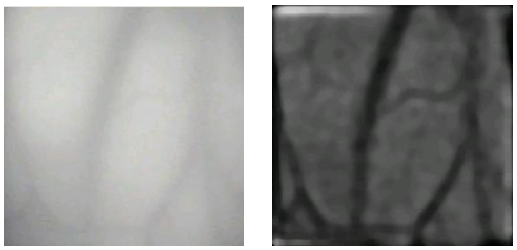


Fig.4. Perspectiva de un filtro Butterworth pasa alto.

Este filtro pasa-alto mostrado en la figura 4 tiene la propiedad de resaltar las líneas en todas las direcciones, de acuerdo a un promedio general de la imagen.

El filtro utilizado para este proyecto tiene ganancia unitaria, es de primer orden y tiene un radio de corte Do = 10.



(a) (b)

Fig. 5. (a) Imagen Original con iluminación infrarroja. (b) Resultado de aplicar un filtro pasa alto *Butterworth* a la imagen (a)

En la figura 5 se muestra el resultado obtenido al aplicar un filtro Gaussiano a una imagen de las venas. En este caso se aprecia el resalte esperado, donde en la figura 5(b) las venas se ven más oscuras con respecto a la piel.

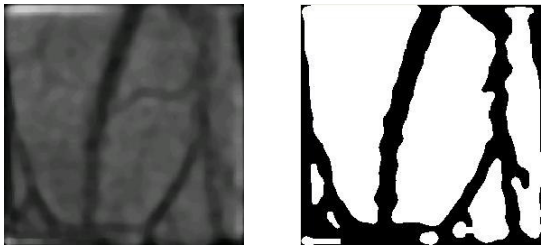
C. Binarización de la Imagen

A partir de la imagen filtrada es posible binarizarla con un umbral, en este caso calculado mediante el método de Otsu. La umbralización es una técnica de segmentación ampliamente utilizada en aplicaciones industriales. Se emplea cuando hay una clara diferencia entre los objetos a extraer respecto al fondo de la escena. Los principios que rigen son la similitud entre los píxeles pertenecientes a un objeto y sus diferencias respecto al resto. Por lo tanto, la escena debe caracterizarse por un fondo uniforme. La mayoría de técnicas se basan en estadísticas sobre el histograma. En particular, el método de Otsu, elige el umbral óptimo maximizando la varianza entre clases mediante una búsqueda exhaustiva [6].

Si bien hay diferente métodos para hallar un umbral, la mayoría de ellos no dan buenos resultados cuando se trabaja con imágenes del mundo real debido a la presencia de ruido, histogramas planos o una iluminación inadecuada. Por el

contrario, el método de Otsu fue uno de los mejores métodos de selección de umbral para imágenes del mundo real.

La importancia del método Otsu radica en que es automático, es decir, no necesita supervisión humana ni información previa de la imagen antes de su procesamiento [6].



(a) (b)

Fig. 6. (a) Imagen Original filtrada. (b) Imagen Binaria obtenida al aplicar la umbralización a la figura 6(a)

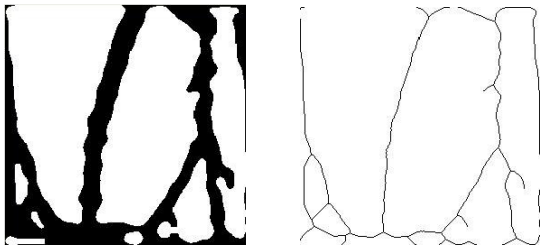
En la figura 6(b) se observa que la utilización del método Otsu presenta muy buenos resultados y poca perturbación ante los ruidos presentes en la imagen filtrada.

A partir de este punto el paso a seguir es minimizar al máximo la información de la que se dispone con el fin de realizar la verificación más rápidamente, para esta tarea se pretende extraer una serie de valores que caractericen la imagen segmentada con el menor tamaño posible.

D. Esqueletización de la Imagen

Una vez obtenida la imagen en blanco y negro sé esqueletiza, esto es, todas las líneas de la imagen se adelgazan a una anchura igual a 1 píxel, a través del medio y preservando la topología de la imagen. Entre las diferentes técnicas de esqueletización, considerando el tiempo de ejecución y calidad del esqueleto, se decidió utilizar la técnica de adelgazamiento basada en operaciones morfológicas, que consiste en ir erosionando los píxeles del borde de las estructuras de la imagen, hasta conseguir el esqueleto de la imagen.

Las operaciones morfológicas pueden simplificar los datos de una imagen, preservar características esenciales y eliminar aspectos irrevelantes. Teniendo en cuenta que la identificación y descomposición de objetos, extracción de rasgos, la localización de defectos e incluso los defectos en líneas de ensamblaje están sumamente relacionados con las formas, es obvio el papel de las operaciones morfológicas [8].



(a) (b)

Fig. 8. (a) Imagen Original binarizada. (b) Esqueleto de la imagen 8(a)

En la figura 8(b) se muestra el resultado obtenido al realizar la esqueletización por métodos morfológicos.

Como ya se dijo el objetivo de esqueletizar la imagen es comprimir la información a la menor cantidad posible de píxeles, por lo tanto todos los píxeles del esqueleto son estructuralmente necesarios.

La posición, orientación y longitud de las líneas del esqueleto se corresponden con aquellas equivalentes de la imagen original. La tarea de sacar características de una imagen queda simplificada al obtener su esqueleto [10]

E. Correlación de las Imágenes

Una vez realizado el paso de la esqueletización de la imagen adquirida, se procede a correlacionar la imagen adquirida con la existente en la base de datos de imágenes correspondientes al personal autorizado para el ingreso. El nivel de correlación para permitir el ingreso a un individuo corresponde al 97%. Cabe anotar que la operación de correlacionar dos imágenes arroja un resultado dentro del rango [-1,1] por lo cual se asume que un usuario puede ingresar al área restringida cuando el resultado sea mayor a 0.97.

El umbral de comparación se estableció de manera empírica y según los resultados obtenidos se puede variar entre 0.9 y 0.98, teniendo en cuenta que al variar este valor el sistema se tornara más exigente en el caso de un valor elevado y menos exigente en caso contrario.

Una vez se autentifica la identidad del individuo, se valida el ingreso a través de la activación de la cantonera que se encuentra en la puerta de acceso al recinto.

V. DISPOSITIVO DE INTERACCIÓN CON EL USUARIO

Una vez el sistema de autentificación se completó se requiere un DIU que permita obtener la información necesaria para realizar la verificación.

El DIU debe informar al usuario durante todo el proceso y solicitar la información y acciones que sean necesarias. En la figura 9 se muestra el esquema del dispositivo, el cual solicita un PIN y dispone de los medios para adquirir la imagen de la parte posterior de la mano, una vez el sistema de autentificación ha comprobado al usuario informa al DIU si se acepta al usuario de tal manera que este informa mediante un LCD y ejecuta la acción para permitir o no el acceso al área restringida.

Este dispositivo contiene:

- La cámara digital
- Las dos matrices utilizadas para la iluminación
- Un teclado matricial
- Una pantalla de cristal liquido (LCD)
- Un circuito de control para abrir una cerradura eléctrica
- Un microcontrolador PIC16F877
- Interfaz de comunicación serial RS-232

El dispositivo esta controlado por el microcontrolador el cual manipula el teclado, el LCD y el circuito de la cerradura,

todo esto de acuerdo al intercambio de información con el sistema de autentificación, el cual mediante un protocolo RS-232 informa los resultados de la búsqueda del PIN en la base de datos y del tratamiento y reconocimiento de la imagen digital.

Fig. 9. Diagrama de bloques del DIU

En la figura 10 se muestra el dispositivo desarrollado para este trabajo y se muestran los componentes con los cuales el usuario interactúa.

La base que se muestra en la figura es un prototipo y presenta limitaciones con respecto a los tamaños de mano que puede trabajar. En general es adecuado para personas adultas pero presenta inconvenientes por ingreso de iluminación para niños o adultos con manos pequeñas.

En términos generales el DIU captura el PIN a través del teclado matricial, lo envía mediante serial a Matlab y espera la orden de apertura o no. Dentro de este aparato están los circuitos necesarios para su funcionamiento.

Fig. 10. Dispositivo de interacción con el usuario desarrollado

VI. DESEMPEÑO DEL SISTEMA

Una vez el sistema esta totalmente definido es necesario establecer el nivel de fiabilidad que ofrece en el proceso de autentificación. Obtener un porcentaje de este tipo representa un problema estadístico, donde se pretende establecer una media de eficacia en la etapa de reconocimiento.

A partir de los resultados arrojados al implementar el algoritmo estadístico para el reconocimiento se tomaron diferentes valores de la respuesta ante las imágenes disponibles en la base de datos. Para ilustrar el procedimiento seguido se muestran los resultados de probar el comportamiento para 30 imágenes de 3 usurarios diferentes

Para estos datos se realizo un análisis de varianzas mejor conocido como ANOVA, con el fin de establecer si es posible plantear una hipótesis sobre la eficiencia global de la correlación para esta tarea de interpretación.

En la tabla 1 se presenta un resumen de los datos.

USUARIO	MEDIA	VARIANZA	MIN	MAX
1	99,351	1,402	95,103	100
2	99,443	1,056	96,590	100
3	99,137	1,308	95,899	100

Tabla. 1. Resumen de los datos de desempeño para 3 usuarios

A partir de esta compilación se realizo el ANOVA, obteniendo como resultado que la eficiencia del sistema de autentificación es del 99.31% (lo cual es una hipótesis), con un nivel de confianza del 95%.

Esta eficiencia es elevada y supone cierto control en la ubicación de la mano de parte del usuario, ya que las imágenes capturadas para la base de datos fueron tomadas bajo la supervisión de los autores del proyecto, motivo por el cual el sistema puede no presentar el valor de eficiencia planteado, eso sí, debido principalmente a translaciones o rotaciones bruscas con respecto a las muestras tomadas inicialmente.

Otro aspecto de interés a la hora de presentar el sistema esta relacionado con los tiempos de operación. Para esto se midieron 30 valores de tiempo para hacer una estimación sobre el valor promedio para el tiempo de procesamiento. Suponiendo que los datos siguen una distribución de probabilidad normal se estableció que el tiempo de autentificación es de 1,629 segundos, con un nivel de significación del 99%.

REFERENCIAS

[1] B. Millar, “Vital Signs of Identity”, IEEE Spectrum, vol. 31, no 2, pp 22-30, 1994.

[2] Tapiador M. Marino, “Tecnologías biométricas aplicadas a la seguridad”, Alfaomega, 2005.

[3] Zai Jian Jia Li, Miguel Ángel Ferrer Ballester, Carlos M. Travieso and B. Alonso, “Biometric

[4] Arturo de la Escalera Hueso, Visión por Computadora, Fundamentos y Métodos. PEARSON EDUCACIÓN, S.A., Madrid, 2001.

[5] Universidad Nacional de Quilmes. Ingeniería en Automatización y Control Industrial [en línea]. Visión Artificial. Filtrado frecuencial.

Octubre de 2005. Disponible en http://iaci.unq.edu.ar/materias/vision/apuntes.htm

[6] Universidad Nacional de Quilmes. Ingeniería en Automatización y Control Industrial [en línea]. Visión Artificial. Segmentación por Umbralizacion. Metodo otsu. Octubre de 2005. Disponible en http://iaci.unq.edu.ar/materias/vision/apuntes.htm

[7] Gonzalo Pajares Martinsanz. Jesús Manuel. Visión por computador. Imágenes digitales y aplicaciones. México, Alfaomega, 2002.

[8] Hussain, Zahid. Digital image processing. Practical applications of parallel. processing techniques. New York : Ellis Horwood, 1991.

[9] Gonzalez, Rafael A. Woods, Richard E. Eddins, Steven L. Digital Image Processing : Using Matlab. -- Upper Saddle : Pearson Education, 2004.

[10] Castleman, Kenneth R. Digital image processing. Englewood : Prentice Hall, 1996.

[11] Rafael Gonzáles, Richard Woods. Tratamiento digital de imágenes. Delaware Addison Wesley c1996.