

Sistema de acceso al personal mediante la autenticación del iris

Juan José Torres Manríquez¹, Edmundo René Durán Camarillo¹,
Carlos Alberto González Dueñas², Aranzazú del Carmen González Montiel²,
Verónica Martínez Mora², Carlos Vidal Mendoza González²

¹Escuela Superior de Cómputo. Departamento de Posgrado. IPN. Av. Juan de Dios Bátiz Esq. Miguel Othón de Mendizábal S/N, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Col. San Pedro Zacatenco. México D.F., C.P. 07738. Tel. 5729.6000 ext. (52021).

{jtorresm, eduranc}@ipn.mx

²Escuela Superior de Cómputo. Á

rea de Trabajo Terminal. IPN. Av. Juan de Dios Bátiz Esq. Miguel Othón de Mendizábal S/N, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Col. San Pedro Zacatenco. México D.F., C.P. 07738.
{carlos_gduenas, aranza_glez, yousve, vidalipn}@hotmail.com

Resumen. El proyecto está inspirado en los sistemas de alta seguridad basados en índices biométricos. Los patrones dentro de la textura del iris, ofrecen un medio de identificación confiable, debido a que se trata de un patrón único en cada persona, se puede considerar la textura del iris como una "huella óptica inalterable". El proyecto consiste de un sistema de cómputo para la autenticación de personas a través de la textura del iris basado en algoritmos de procesamiento de imágenes y redes neuronales artificiales. El sistema está integrado por un módulo de captura y una interfaz gráfica. El proceso que el sistema realiza se describe brevemente de la siguiente manera: El módulo de captura, capta la imagen del ojo del individuo, la lleva a través de una interfaz a una computadora personal y dicha imagen es objeto de un procesamiento de imágenes para la detección del iris y generación de un código único. Una vez que se ha generado y almacenado el código del individuo, éste es comparado con una base de conocimiento, la cual autenticará al individuo (siempre y cuando esté registrado), dando acceso al personal a un área restringida.

1 Introducción

En el ámbito de las tecnologías de seguridad, uno de los problemas fundamentales a resolver es la necesidad de autenticar de forma segura la identidad de las personas que pretenden acceder a un determinado servicio o recinto físico, por ello se han creado diferentes sistemas que se han auxiliado de las técnicas de identificación biométrica, con el objetivo de resolver este problema a partir de características que son propias de cada persona, como su voz, huella dactilar, iris, rostro, etc. La medición biométrica se ha venido estudiando desde tiempo atrás y es considerada en la actualidad como uno de los mejores métodos de identificación humana.

Los sistemas biométricos incluyen un dispositivo de captura y un software biométrico que interpreta la muestra física y la transforma en una secuencia numérica. Entrar en un lugar físico mediante el reconocimiento del iris resultará bastante práctico para los usuarios, ya que además de no tener que portar tarjetas o llaves tampoco hay que recordar largas contraseñas.

Utilizar el iris como clave de acceso en un sistema puede resultar muy seguro, ya que éste cuenta con 266 características que pueden ser medidas y no hay dos personas en todo el mundo con el mismo iris; de hecho, el iris derecho es diferente al izquierdo. Además, el iris no puede ser manipulado, copiado ni robado. Por otro lado, las características del iris son muy complejas, lo cual proporciona un modelo muy preciso para la autenticación de cada persona, teniendo una tasa de error de entre 1 y 1.2 entre un millón, desde el punto de vista biométrico [1].

Existen diferentes empresas que se han dedicado a la creación de sistemas que autentican a las personas mediante el patrón biométrico del iris, el origen de dichas empresas son generalmente de diferentes partes del mundo (excluyendo a México). La empresa estadounidense IriScan es la principal desarrolladora de tecnología basada en reconocimiento de iris que existe actualmente, ya que posee la patente sobre esta tecnología [2].

El presente proyecto desarrollará un sistema propio para dar una aplicación específica de acuerdo a las necesidades que se han detectado, en este caso se propone un prototipo que en el futuro se aplique en cuneros de hospitales.

2 Desarrollo

En el diagrama a bloques de la Fig. 1, se estructura de manera general el proceso que se ha planteado para desarrollar el sistema.

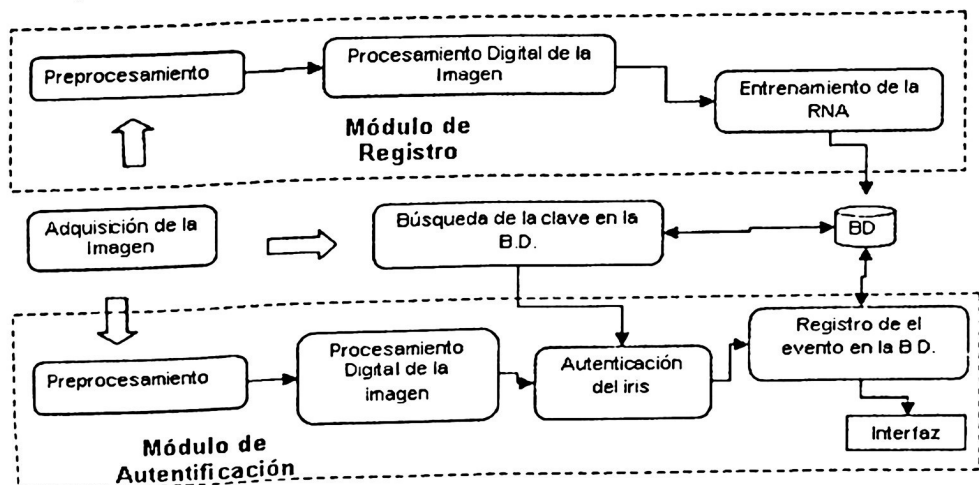


Fig. 1. Diagrama a Bloques del Sistema.

2.1 Módulo de adquisición de imagen

En la Fig. 2 se puede observar que el módulo de adquisición de imagen está constituido por un sistema de dos puertas, en la primera se tiene un teclado matricial en el cual los usuarios teclearán una pequeña clave, dicha información pasará a la computadora con ayuda de un microcontrolador, en la computadora la clave se usará para verificar la existencia del usuario en la Base de Datos, de ser así la puerta se abrirá, posteriormente pasará al cubo donde el usuario tendrá que posicionarse frente a la cámara y presionar el botón donde se tomará la fotografía, enviándola a la computadora por un cable USB donde se almacenará la imagen para ser preprocesada, procesada y posteriormente pasará al módulo de autenticación, si el resultado arrojado es favorable se accionará la segunda puerta tomando una fotografía desde la parte superior del cubo para una mejor referencia del personal que entra.

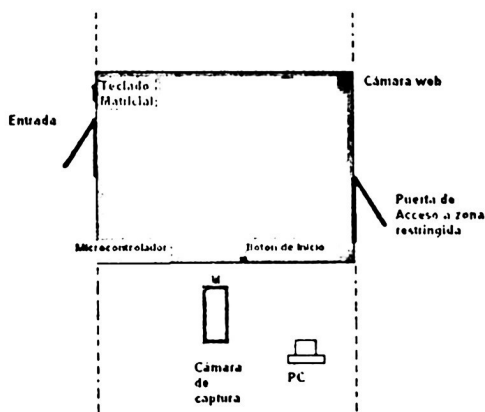


Fig. 2. Módulo de Adquisición de la Imagen.

2.2 Módulo de registro

En el Módulo de Registro el usuario enviará como entrada al sistema la imagen del iris, posteriormente ésta será enviada a la etapa de Preprocesamiento, donde será sometida a diferentes algoritmos de tratamiento digital de imágenes, obteniendo de ella el área de interés (iris) para poder enviarla a la etapa de Procesamiento, donde a través de diferentes técnicas matemáticas y en base al análisis de textura se extraerán las características del iris, dichas características serán enviadas a la etapa de Entrenamiento de la Red Neuronal Artificial, donde se obtendrá un vector de pesos para cada individuo, como resultado del entrenamiento, dicho vector será guardado en la Base de Datos para su consulta continua.

2.2.1 Preprocesamiento

La etapa de preprocesamiento tendrá como entrada a la imagen digital del iris tomada en el Módulo de Adquisición de la Imagen, este módulo será el encargado de realizar una mejora en la imagen contemplando las técnicas de eliminación de ruido, mejora de contraste, así como resaltar los detalles de interés de la imagen y descartar las partes que no sean necesarias para su análisis. Todo ello con la finalidad de aumentar las posibilidades de éxito en los procesos posteriores. En la Fig. 3 se muestra la imagen obtenida por el dispositivo de captura del sistema.

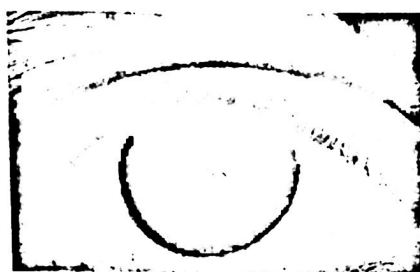


Fig. 3. Imagen obtenida por el dispositivo de captura.

Para ubicar el área de interés (iris) y eliminar el resto de la imagen que no es importante, es decir para realizar la segmentación de la misma, se aplicaron los siguientes algoritmos:

- *Clasificador K-NN*. Existen tres clases principales en la imagen (piel, esclerótica, iris), para poder definir cada clase se toman muestras de cada una de ellas en base a su color: Todo ello con el propósito de separar las regiones de dichas clases y tomar la de interés.
- *Etiquetado*. Se etiqueta la imagen en base a la conectividad-8 para definir los objetos existentes en la imagen y sus respectivas áreas, dejando el área más grande que en este caso será el objeto que involucra al iris y eliminando los objetos más pequeños. Para eliminar el ruido en el centro de la pupila se aplica un etiquetado en el fondo de la imagen y ahora se eliminan los objetos de fondo más pequeños.
- *Transformada de Distancia (City-block)*. El siguiente paso consiste en encontrar la coordenada más aproximada al centro del iris, para ello se utiliza la transformada de distancia, es decir, se va obteniendo en cada píxel la distancia de dicho punto al fondo dejando únicamente la mayor distancia. Debido a la morfología del iris, la transformada de distancia no da el mejor resultado ya que devuelve una coordenada muy alejada del centro. Para resolver este problema se utilizan los conocimientos de geometría, considerando tres puntos que forman parte de cualquier circunferencia se sabe que se puede obtener el centro mediante la intersección de las rectas perpendiculares a las rectas que unen cada uno de los tres puntos (triángulo), esta intersección es la coordenada más cercana al centro del círculo que aproxima al iris.
- *Algoritmo de círculo de punto medio de Bresenham*. Con una aproximación del centro del iris, se implementa un generador de círculos para el recorte de la imagen

conocido como el Algoritmo de círculo de punto medio de Bresenham, para construir dichos círculos, se requiere del centro aproximado para obtener los distintos radios y adquirir la dona mostrada en la Fig. 4.

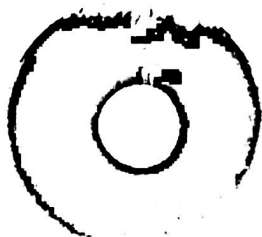


Fig. 4. Obtención de la "dona".

Para la extracción de características es necesario tomar 60° aproximadamente del área izquierda de la dona (debido a que es un área sin ruido), una vez identificada la zona de análisis se realiza la transformación de dona a cinta; utilizando nuevamente el algoritmo de Bresenham, recorriendo la imagen, partiendo de la mitad hacia arriba 30° y de igual forma hacia abajo. Obteniendo una imagen rectangular de fácil manipulación, mostrada en la Fig. 5.

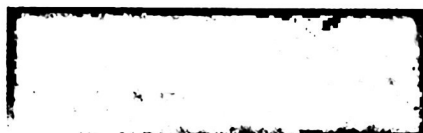


Fig. 5. Obtención de la Cintilla.

2.2.2 Procesamiento

2.2.2.1 Extracción de características y construcción del código del iris

Los Filtros de Gabor en 2D tienen la particularidad de ser muy utilizados para la extracción de características en texturas. Una estrategia para extraer información de la textura del iris, es por medio de los coeficientes de Gabor en 2D.

Estos filtros son implementados con las funciones elementales de Gabor, las cuales están constituidas por una exponencial compleja y una función gaussiana. Sus propiedades matemáticas fueron elaboradas en 1985 por su autor Daugman, quien señaló que estos filtros de dos dimensiones eran óptimos para proporcionar tanto la máxima resolución posible con información sobre la orientación y frecuencia espacial contenida en estructuras locales de una imagen y simultáneamente la información sobre la posición en dos dimensiones [3].

Éstas funciones están determinadas por cuatro parámetros, dos que expresan su localización en el dominio espacial (x, y), es decir las coordenadas del centro de la en-

volvente Gaussiana y otros dos que expresan la frecuencia espacial de sintonía F y la orientación ϕ .

En el sistema propuesto, la extracción de características es realizada utilizando un conjunto de funciones de Gabor 2D con 8 ángulos y 5 frecuencias espaciales diferentes.

La función de Gabor en 2D está dado por la Eq. (1).

$$h(x, y) = g(x', y') e^{2\pi j(Ux + Vy)} \quad (1)$$

donde $g(x, y)$ es una función Gaussiana en 2D dada por la Eq. (2).

$$g(x', y') = \left(\frac{1}{2\pi\lambda\sigma^2} \right) \exp \left[-\frac{(x'/\lambda)^2 + y'^2}{2\sigma^2} \right] \quad (2)$$

donde σ es el ancho de banda radial. Para evaluar el sistema propuesto, se utilizó un valor de $\sigma^2 = 8$. λ es un vector de forma Gaussiana, el cual se estableció como $\lambda = 1$ para obtener una forma circular. (x', y') es la posición rotada de (x, y) por el ángulo ϕ como se muestra en la Eq. (3).

$$(x', y') = (x \cos \phi + y \sin \phi, -x \sin \phi + y \cos \phi) \quad (3)$$

Las fases de modulación ϕ utilizadas en el sistema son: $0, \pi/8, \pi/4, 3\pi/8, \pi/2, 5\pi/8, 3\pi/4$ y $7\pi/8$. Para la frecuencia espacial F , se probó el siguiente grupo de frecuencias $F = 3\pi/4, 3\pi/4, \sqrt{2}, 3\pi/8, 3\pi/8\sqrt{2}, 3\pi/16$ [4].

La función de Gabor dada por la Eq. (1) puede ser descompuesta en parte real parte imaginaria como se muestra en la Eq. (4).

$$h(x, y) = h_c(x, y) - j h_s(x, y) \quad (4)$$

Donde:

$$h_c(x, y) = g(x', y') \cos(2\pi F x') \quad (5)$$

y

$$h_s(x, y) = g(x', y') \sin(2\pi F x') \quad (6)$$

h_c es una función de Gabor simétrica (función par) y h_s es una función de Gabor asimétrica (función impar). La información obtenida por estas dos funciones (5) y (6) para un ángulo específico ϕ y frecuencia espacial específica F en un punto central (x_0, y_0) permite obtener un vector bidimensional cuya magnitud corresponde a la energía de la función de Gabor específica representada por la Eq. (7).

$$M(x, y) = \sqrt{h_c^2 + h_s^2} \quad (7)$$

La función $M(x, y)$ presenta una gran similitud con el comportamiento de las células complejas de un sistema visual humano y provee una unidad de la respuesta del canal de la función específica de Gabor.

En el sistema propuesto, el número de funciones de Gabor utilizadas para cada campo receptivo es de 40.

En primer lugar la imagen de la cintilla de iris cuyo tamaño es fijo (64 x 256 pixeles) es dividida por 64 campos receptivos (4 x 16 bloques) de 16 x 16 pixeles cada uno, centrados por un punto (x_0, y_0), como se muestra en la Fig. 6. Siendo el número de campos receptivos constante e independiente del tamaño de la imagen de la cintilla..



Fig. 6. Imagen del iris segmentada por 64 campos receptivos con cada punto central.

A cada campo receptivo de la imagen de la cintilla de iris, le son aplicados 40 filtros de Gabor, resultando 2,560 valores para el total de las imágenes. (40 funciones x 64 campos receptivos).

Cuando promediamos la Eq. (7) por el número filtros de Gabor utilizados, obtenemos un vector de características como se muestra en la Eq. (8).

$$M = \frac{\sum_{p=1}^{40} M_p(x, y)}{40} \quad (8)$$

Y de esta forma se genera el código del iris compuesto por 64 coeficientes representativos, que a su vez son normalizados para obtener valores entre 0 y 1, mismos que son el vector de entrada de la Red Neuronal Artificial para la autenticación de personas. En la Fig. 7 se puede apreciar la gráfica de la magnitud de cada coeficiente del Filtro de Gabor.



Fig. 7. Gráfica de coeficientes del Filtro de Gabor.

2.2.3 Entrenamiento de la RNA

El tipo de red neuronal artificial a implementar es una red con aprendizaje supervisado, el algoritmo de aprendizaje de la Backpropagation para redes multicapa, ya que la red multicapa es una red que puede implementarse para resolver problemas de clasificación de patrones. Una red de estas características esta en capacidad de generar re-

giones de decisión arbitrariamente complejas, aunque en ciertos problemas se puede simplificar el aprendizaje aumentando capas ocultas, la tendencia es aumentar la extensión de la función de activación, en lugar de la complejidad de la red [5].

La red neuronal multicapa de tipo Backpropagation trabaja bajo aprendizaje supervisado y por tanto necesita un conjunto de entrenamiento que le describa cada entrada y su valor de salida esperado.

Cada patrón de entrenamiento se propaga a través de la red y sus parámetros para producir una respuesta en la capa de salida, la cual se compara con los patrones objetivo o salidas deseadas para calcular el error en el aprendizaje, este error marca el camino mas adecuado para la actualización de los pesos y ganancias que al final del entrenamiento producirán una respuesta satisfactoria a todos los patrones de entrenamiento, esto se logra minimizando el error medio cuadrático en cada iteración del proceso de aprendizaje. Al término del entrenamiento, los pesos obtenidos serán el código único del usuario.

La Red Neuronal recibirá como entrada el código del iris ya descrito, dicho vector en conjunto con otros son obtenidos de 5 a 10 imágenes más de la misma persona, los cuales formarán parte del entrenamiento. Durante el entrenamiento los vectores de entrada harán un ajuste de pesos por cada neurona contenidas en diferentes capas, se sabe que los vectores de entrada son semejantes debido a las distintas imágenes, ya que al tomar un número determinado de imágenes aún siendo de la misma persona muy probablemente cause cierto margen de error en cuanto a la posición o algunos factores externos propios de la persona.

2.3 Módulo de autenticación

En este módulo el usuario introduce su clave para ser consultada en la Base de Datos, si el usuario no se encuentra registrado el sistema mandará un mensaje de error, de lo contrario regresará el vector de pesos correspondiente a la clave introducida pasando al Módulo de Autenticación del Iris, en este módulo al igual que el anterior introducirá el usuario al sistema la imagen del iris y se llevará a cabo el mismo preprocesamiento y procesamiento de la imagen.

2.3.1 Autenticación de iris

Después del preprocesamiento y procesamiento, el sistema buscará la clave en la base de datos, si la clave no existe el sistema mandará un mensaje de error, de lo contrario obtendrá las características de la persona que serán comparadas con el resultado que se obtenga al recargar en la Red Neuronal Artificial el vector de pesos ya antes obtenido, para poder autenticar la identidad del usuario corroborando su existencia en la Base de Datos, de ser así el sistema enviará al usuario como respuesta la autorización al área restringida mediante la Interfaz del Sistema.

2.4 Interfaz gráfica

La interfaz gráfica del sistema, fue hecha en un entorno de “desarrollo rápido de aplicaciones” (RAD, por sus siglas en inglés), el cual contará con un compilador de lenguaje orientado a objetos, como lo es C++. Por lo que el entorno escogido para la realización del sistema fue Borland C++ Builder, ya que cumplía con las características ya mencionadas.

Esta interfaz gráfica fue realizada en base a un análisis realizado para el Hospital Infantil de México, en el cual es necesario dar de alta un administrador por turno, así como poder almacenar los siguientes datos: nombre, dirección, teléfono particular, teléfono celular, turno en el que labora, puesto que ocupa y su fotografía.

De igual forma, se sabe que son menos de cincuenta empleados los que pueden acceder al cunero, por lo que la base de datos y el sistema ha sido diseñada para admitir hasta 99 personas, teniendo en cuenta que se les asignará un id de cuatro dígitos. Para los usuarios se requiere que se guarden los mismos datos de los administradores, pero también requieren saber a que hora accedieron al cunero, para poder consultarlo tanto por nombre de empleado o fecha.

Debido a los requerimientos mencionados anteriormente se ha diseñado la interfaz gráfica. En la Fig. 8 podemos ver la pantalla principal del sistema. Para poder realizar cualquier acción en el mismo es necesario que se inicie sesión para lo cual se tiene que ingresar un nombre de usuario y una contraseña.

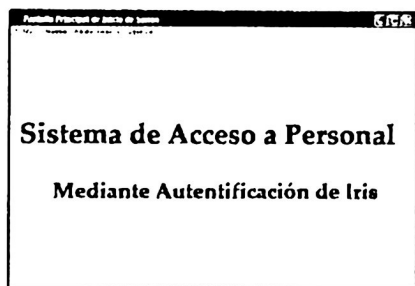


Fig. 8. Pantalla Principal.

Una vez iniciada la sesión de administrador se pueden dar de alta los usuarios, bajas o modificación de sus datos.

Para las consultas de accesos al cunero se implementaron tres pantallas diferentes:

Búsqueda por nombre. Escribiendo el nombre completo de la persona y un intervalo de fechas, nos genera un reporte de los registros que cumplan con los criterios especificados, teniendo la posibilidad de poder ver los detalles de un registro en particular.

Búsqueda por fecha. El sistema tiene la posibilidad de mostrar todas las personas que entraron en una determinada fecha, y de igual forma que en la consulta anterior podemos ver los detalles de un registro en particular. En caso de que se necesite un reporte de los usuarios que accedieron al cunero en un intervalo de fechas se puede obtener con dicho intervalo, teniendo la posibilidad de imprimir dicho reporte.

3 Conclusiones

El iris como indicador biométrico para la identificación de individuos en condiciones reales y múltiples aplicaciones de seguridad presenta un gran potencial debido a sus características y la forma de capturar las imágenes para el proceso de autenticación que excluye totalmente procedimientos invasivos para el usuario.

La caracterización del iris para sistema de autenticación de personas puede contener procedimientos robustos en sus etapas de preprocesamiento y procesamiento, lo que conlleva a considerar ciertas características introducidas por las condiciones reales tales como, efecto de párpados y pestañas, irregular ubicación del iris en la imagen, efectos producidos por la iluminación y poca área efectiva de información en la imagen. Para ello se realizaron pruebas con diferentes algoritmos de Tratamiento Digital de Imágenes y Geometría. Por lo que, después de experimentar con dichos algoritmos, los resultados más óptimos para la segmentación del Iris en las imágenes adquiridas fueron los presentado en este artículo.

En la etapa de procesamiento se utilizan los filtros de Gabor para su aplicación sobre texturas de iris, de acuerdo con la investigación que se llevo a cabo, estos filtros presentan una adecuada representación del conjunto espacio-frecuencia para este tipo de análisis, y los resultados obtenidos en problemas son muy satisfactorios, pero no se descarta otro tipo de métodos de análisis de texturas y de frecuencias espacialmente localizadas que puedan presentar mejores desempeños. Con respecto a los clasificadores, se utiliza una Red Neuronal Multicapa con algoritmo de aprendizaje Backpropagation, debido a que es una red que puede implementarse para resolver problemas de clasificación de patrones no linealmente separables, permitiendo cierta tolerancia a fallos, es decir la red será capaz de recibir nuevas entradas con ruido o incompletas dando una salida activa si la nueva entrada es parecida a las presentadas durante el aprendizaje.

Referencias

1. Iridian Technologies, Inc: www.iriscan.com
2. John G. Daugman : Recognizing Persons by Their Iris Patterns, Cambridge University.
3. John Daughman, Cathryn Downing : Gabor Wavelets for Statiscal Pattern Recognition.Part III: Articles
4. MARIKO Nakano, PÉREZ Héctor, Artículo: Automatic Face Recognition System using the Gabor Transform. México, D.F. ESIME Culhuacán IPN.
5. Martín T. Hagan (1996): Neural Network Design, Ed. PSW Publishing Company.