

Sistema Evolutivo Reconocedor de Huellas Digitales

¹Paola Neri, Celia Perez, ³Araceli Tlamanca

¹paoneri@hotmail.com, <http://paoneri.topcities.com>, ³yatzy_d@hotmail.com

Universidad Anahuac de Xalapa
Circuito Arco Sur s/n Reserva Territorial Xalapa, Ver.

Resumen. En este documento se propone la aplicación de los Sistemas Evolutivos al reconocimiento de huellas digitales. El sistema almacena la matriz de puntos invariantes de cada una de las huellas digitales que se ingresan al Banco de Imágenes. Cada imagen almacenada representa la *matriz de puntos invariantes* de las huellas digitales es decir el conjunto de los puntos que no varían aun si la imagen se traslada o rota unos cuantos grados e incluso si tiene leves modificaciones (por ejemplo a causa de un accidente o cambio drástico del peso corporal). Al momento de buscar una huella, esta se compara con la matriz de puntos invariantes almacenada de esta misma y de tener un porcentaje alto de semejanza se acepta y refuerza la imagen. La actualización de una imagen se realiza cada vez que una huella es reconocida pues esta se “adiciona” a la imagen almacenada reforzándola. Lo anterior hace que *el sistema este aprendiendo constantemente de su entorno manteniéndose actualizado permanentemente*.

Palabras clave: Reconocimiento de patrones, sistemas evolutivos, matriz de puntos invariantes, banco de imágenes, huella digital.

1 Introducción

El reconocimiento de huellas digitales es actualmente una de las formas mas seguras y accesibles de control de acceso al personal que labora en una empresa o institución. La demanda de equipos que capturen huellas digitales ha propiciado una producción masiva y por tanto una significativa reducción del precio final del equipo al consumidor. Esta es la principal razón por la cual se eligió el reconocimiento de huellas digitales como tema principal de este documento.

El proceso de reconocer la huella se realiza comúnmente a través de la comparación de una imagen entrante con una imagen almacenada que no se actualiza. Aunque la huella digital cambia muy poco a lo largo de la vida de un individuo, el tamaño y forma del dedo si lo hacen debido a cambios drásticos del peso o accidentes que deforman las líneas que forman la huella. La actualización constante de las imágenes de las huellas digitales reduce el riesgo de error en el registro de acceso y la necesidad de recargar las imágenes de individuos con muchos años de servicio en la empresa o institución. Algunos de los trabajos previos sobre reconocimiento de huellas digitales utilizan algoritmos que no se ocupan de la actualización permanente del Banco de imágenes. A continuación se citan algunos ejemplos.

El trabajo “Sistema de reconocimiento de huellas dactilares para el control de acceso a recintos” [4] presenta el desarrollo de un AFAS (Automatic Fingerprint Authentication System), basado en la detección de bifurcaciones y terminaciones dentro de la huella para la verificación de personas. El sistema utiliza los detalles formados en las huellas dactilares. Estos detalles llamados “*ridges*” son definidos como un segmento de curva simple. La combinación de varios ridges forman un patrón de huella dactilar. Las pequeñas características formadas por el cruce y terminación de ridges son llamadas *minucias*. En el documento se propone un Mapa Autoorganizado(SOM) para hacer la separación de clases derivada de la estructura global de la huella dactilar. El algoritmo de entrenamiento es el algoritmo de Kohonen. La arquitectura que se propone es un mapa bidimensional de 10x10 neuronas.

El “Sistema de Identificación mediante Huella Digital” [5] es un mecanismo biométrico que consta de tres partes: un mecanismo de captura, uno de procesamiento y un medio de almacenamiento. La aplicación cliente-servidor detecta huellas digitales usando un sensor térmico asociado. La información se almacena en un servidor de base de datos y se accesa mediante una aplicación desarrollada bajo el entorno Windows, con el software de programación visual Borland Delphi. El proyecto se centra en la reconstrucción de la imagen sensada con el lector térmico. La reconstrucción de la imagen de la huella digital requiere: Detectar cuando el dedo toca al sensor: esta es la señal para comenzar el proceso, Adquirir los pedazos de la imagen de huella, y detectar cuando el dedo ya no está más sobre el sensor para detener la adquisición, Calcular la deslocalización relativa de las piezas de imágenes obtenidas y Reconstruir la imagen completa juntando las piezas extraídas.

La principal novedad del sistema implementado, es el uso de un sensor térmico de imágenes de huella digital, basado en un chip de silicio que al contacto con el dedo protegido produce la imagen.

1.1 Sistemas Evolutivos

Un sistema evolutivo es una herramienta automatizada capaz de construir una imagen del ambiente que la rodea, a partir de esta imagen resolver problemas y en su momento mantener actualizada esta imagen mediante un proceso continuo de actualización.

Un sistema evolutivo construye su versión de la realidad directamente de las fuentes de información, utilizando para el caso su mismo lenguaje de comunicación para captar y construir una representación propia de las estructuras del objeto de conocimiento. Más aún, es capaz de interactuar con su entorno, propiciando un diálogo que procure el “crecimiento intelectual” del sistema.

El área surgió en los años ochenta como respuesta a la necesidad de contar con sistemas capaces de transformarse en tiempo real a partir de los cambios ocasionados en su ambiente. En septiembre de 1986 Fernando Galindo Soria publica el artículo *Sistemas Evolutivos* [1], en el Boletín de Política Informática del INEGI-SPP, en la Cd. de México, donde presenta *la Teoría de los Sistemas Evolutivos, que parte del constante cambio producido por el flujo de materia, energía e información en los sistemas.*

Los Sistemas Evolutivos orientados al tratamiento de imágenes, surgieron a partir de los trabajos que inicio Cuitláhuac Cantú Rohlík [3] a principios de los 80's cuando era estudiante-investigador en la UPIICSA y que concretó en 1988 con una serie de productos orientados al tratamiento de imágenes, mismos que desarrolla actualmente.

1.2 Matrices Evolutivas

Las matrices evolutivas surgieron de la conjunción de trabajos sobre redes neuronales desarrollados en los años 70's y sistemas evolutivos para reconocimiento de imágenes realizados durante los 80's. En 1993 en el artículo *Matrices Evolutivas* [6] publicado en Abril de 1998 en la Revista Científica de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional *se plantea que una matriz evolutiva representa un espacio n-dimensional que permanentemente está cambiando.* Las matrices evolutivas representan espacios n-dimensionales que permanentemente están cambiando”.

Originalmente la matriz evolutiva está vacía, por lo que el espacio que representa también lo está. Al llegar las primeras reglas o imágenes surgen los primeros puntos. Los puntos no están fijos pues cuando una regla de la matriz evolutiva se modifica el punto que la representa también cambia de posición. Por tanto en forma natural el espacio que representa la matriz evolutiva se está afinando y evolucionando.

Como ejemplos de Sistemas Evolutivos que utilizan matrices evolutivas para su desarrollo tenemos los siguientes.

El trabajo *Sistemas Evolutivos Generadores de Escenarios Fractales* [7], desarrollado por José Armando Medina May y presentado en el X Congreso Nacional ANIEI sobre Informática y Computación, es un sistema que crea escenarios basados en paisajes que evolucionan bajo el concepto de matrices evolutivas.

En *Aplicación de los Sistemas Evolutivos en el Análisis de Espectros de Rayos Gamma* [9], Luis E. Torres Hernández, Luis C. Longoria G., Antonio Rojas Salinas, investigadores del Instituto Tecnológico de Toluca, diseñaron en 1995 un sistema que utiliza matrices evolutivas, para analizar espectros gamma y generar *huellas de comportamiento* a partir de varios archivos de datos con formatos ASCII. Para ello, se representa al espectro como un vector, que al agruparlo con otros, forma una matriz. La operación que se realiza sobre estos vectores depende de sus valores, de manera que nuevos vectores pueden ser agregados a la matriz.

El *Sistema Evolutivo de Reconocimiento de Formas en Dos Dimensiones* [10], desarrollado también en 1995 en la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional por los investigadores Karla García García, Sergio Salcido Bustamante, Alfonso Ventura Silva, está diseñado para reconocer formas en dos

dimensiones, sin que el sistema posea archivos predefinidos de imágenes, sino, que, almacena los datos que le envía el digitalizador en memoria y terminado este proceso, compara la forma recibida con todas las formas que ya conoce, las cuales están enlistadas en un archivo. En caso de que la forma sea nueva, este aprende bajo la definición que el usuario proporcione y lo almacena en un archivo nuevo. Por otro lado, cuando la forma presenta gran similitud con alguna conocida, se crea una nueva, que contiene características que se suman de cada una de ellas.

En 1999 Horacio Alberto García Salas presentó en la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Ciencias Sociales y Administrativas del Instituto Politécnico Nacional, la Tesis de Lic. en Informática titulada *Aplicación de los Sistemas Evolutivos a la Composición Musical*. Éste, es un Sistema Evolutivo capaz de crear música basándose en obras existentes de uno o varios autores. El sistema lee el archivo de música y obtiene de él la información que lo distingue y lo integra en una matriz evolutiva. Con esta información, genera una nueva pieza que deja ver matices del o los autores originales.

1.3 Rejillas

La aplicación de las matrices evolutivas al campo de reconocimiento de patrones se muestra a través de las rejillas. Una rejilla se construye tomando una imagen, sin importar su tamaño, se sustituye por otra de tamaño fijo conocida como imagen normalizada. Cantú introduce una rejilla variable [3] que consiste en un mecanismo de muestreo probabilístico y cuyos límites se están moviendo aleatoriamente esto es cada vez que la rejilla toma una fotografía de la imagen esta es ligeramente diferente y como en un proceso dado se toman k fotografías y todas se acumulan sobre el mismo vector, el efecto es equivalente a tomar k imágenes ligeramente del mismo objeto, por lo que la velocidad de convergencia crece rápidamente.

El uso de rejillas reduce algunos de los problemas de las técnicas tradicionales donde las imágenes son similares, movidas y parciales. El movimiento de la rejilla se puede complicar tanto como se quiera por ejemplo puede ser hacia los lados y arriba y abajo. También puede ser pendular con lo que se puede hacer que la rejilla gire cierto número de grados a la izquierda y derecha lo que equivale a “ver” la imagen inclinada. Como todo se acumula en el mismo saco, al sistema le es indistinto que la imagen llegue derecha o inclinada.

El enfoque de rejilla variable facilita el reconocimiento de imágenes bajo información parcial ya que la misma rejilla en ciertos momentos solo “ve” fragmentos de la imagen. La rejilla entonces obtiene una muestra de la imagen original pero con sus “marcas” resaltadas.

Esta técnica de detección de las variaciones entre imágenes es parecida a la que usa el sistema de visión humano la cual detecta estas mismas variaciones con movimientos rápidos del músculo ocular (fobeo).

En este sistema la rejilla variable es la matriz con la que el sistema “ve” y “recuerda” una imagen es decir *la rejilla es el mecanismo de percepción, almacenamiento y procesamiento del sistema*.

2 Análisis del Sistema

En esta aplicación el sistema “comprende” el lenguaje de comunicación visual a partir de ejemplos (imágenes de huellas digitales), y al mismo tiempo construye su base de conocimiento (matrices de puntos invariantes); proceso que le permitirá poco a poco aumentar su conocimiento del lenguaje, manejar eficientemente su propio conocimiento e interactuar con el usuario del sistema.

El sistema descrito en este documento reconoce huellas digitales y actualiza de forma permanente el banco de imágenes sin preocuparse del proceso de adquisición de las mismas. Cada imagen almacenada representa la *matriz de puntos invariantes* de las huellas digitales es decir el conjunto de los puntos que no varían aun si la imagen se traslada o rota unos cuantos grados e incluso si tiene leves modificaciones (por ejemplo a causa de un accidente). La actualización de una imagen se realiza cada vez que una huella es reconocida pues esta se “adiciona” a la imagen almacenada reforzándola. En otras palabras *el sistema este aprendiendo constantemente de su entorno manteniéndose actualizado permanentemente*.

El sistema requiere de un módulo que almacene en primera instancia las imágenes que se desea formen parte del Banco de Imágenes. Cada imagen ya capturada de la huella digital será convertida a una escala de grises con el fin de aumentar la nitidez y distinguir con mayor claridad las líneas y los surcos.

Este sistema reconocedor de huellas digitales está programado en lenguaje java lo cual le da la habilidad multiplataforma y requerimiento de espacio reducido. Se eligió el formato de imagen jpg por permitir compresión lo cual brindará una buena resolución y un reducido espacio.

El sistema es confiable al momento de hacer comparaciones. El usuario puede contar con la seguridad de que su huella será reconocida, siempre y cuando esta haya sido almacenada con anterioridad. De no ser así el acceso le será negado. La interacción con el sistema es sencilla al contar con una interfaz grafica amigable.

3 Diseño

3.1 Ingreso de imágenes ejemplo al sistema

Previamente al ingreso de las imágenes al sistema se realiza la captura de las huellas con ayuda de un scanner. Una vez capturadas y almacenadas, se procede a cambiar el color original de las imágenes a escala de grises, lo cual proporcionó mayor nitidez. El ingreso de las imágenes de describe a continuación.

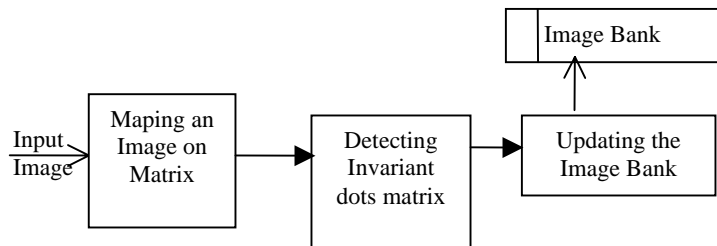


Diagrama1. Ingreso de imágenes al sistema

En el diagrama1 se muestra el procedimiento de ingreso de imágenes al sistema en el se observan tres procesos principales que son *mapeo de la imagen*, *detección de la matriz de puntos invariantes* y la *alta de la imagen al sistema*.

3.1.1 Mapeo de la imagen a una matriz.

Para realizar el mapeo de la imagen a un arreglo unidimensional se utiliza un método que pase la imagen píxel a píxel a un arreglo de enteros, el cual será fundamental para la generación de los invariantes y la comparación con otras imágenes entrantes. Este método pasara al arreglo el valor de cada píxel en base a su color. De esta forma se tendrá la imagen guardada dentro de un arreglo, para poderla manejar con facilidad en los siguientes procedimientos.

3.1.2 Detección de invariantes.

Después de haber cargado y mapeado la imagen a un arreglo de píxeles, se realizó la rotación de la misma. Después de varias pruebas se selecciono un ángulo de 20° de rotación pues este valor era útil para modificar la imagen original sin deformarla al grado de hacerla irreconocible. Se tomaron 40 muestras de las imágenes rotadas (una por cada grado rotado a la derecha e izquierda). Cada una de las muestras se comparó con la imagen original y se fue guardando al mismo tiempo el valor de los puntos que coincidían (conocidos como invariantes) en un arreglo. Esta nueva imagen creada únicamente con los puntos invariantes es la matriz de puntos invariantes.

Cabe mencionar que este proceso equivale a tener guardadas k número de imágenes de una huella en diferentes posiciones.

3.1.3 Actualización del Banco de Imágenes.

Por ultimo la imagen de puntos invariantes obtenida se almacena en el Banco de Imágenes relacionándolo con el nombre de un individuo. Este proceso se repite para cada una de las imágenes que se desea formen parte del banco de imágenes.

3.2 Reconocimiento de Imágenes

Ya con la imagen de entrada capturada y transformada a escala de grises se compara como muestra el siguiente diagrama de flujo.

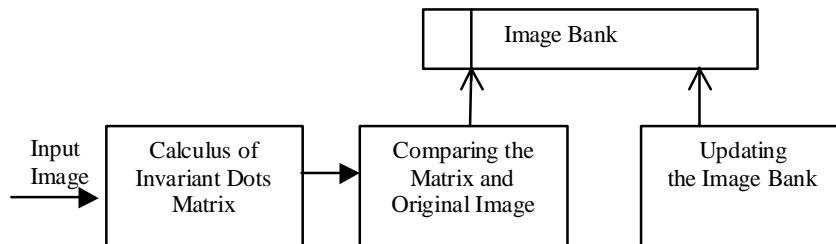


Diagrama 2. Reconocimiento de imagen

3.2.1 Obtener Matriz de puntos invariantes

Esta parte involucra el mapeo de la imagen y detección de invariantes descritos en el apartado anterior secciones 3.1.1 Y 3.1.2

3.2.2 Comparar imagen

Con la matriz de puntos invariantes de la imagen de entrada se compara píxel a píxel contra la imagen de puntos invariantes almacenada. Si el 95% de los puntos son iguales la imagen se acepta. De lo contrario se rechaza.

3.2.3 Actualización de la imagen

Si la imagen fue aceptada se realiza la actualización, es decir, se forma una nueva imagen con los puntos que coinciden en ambas imágenes (la almacenada y la obtenida en el inciso 3.1.1).

4 Resultados

Ya que se obtuvo la imagen de puntos invariantes se realizaron pruebas para verificar que esta nueva imagen tuviera la suficiente calidad. En un principio las imágenes con su tamaño original causaron dificultades y tuvieron que ser normalizadas a un tamaño más pequeño. El tamaño final elegido fue de 400 x 600 píxeles, lo cual nos permitió obtener un equilibrio entre calidad de imagen y menor tiempo de respuesta. A continuación se muestra un ejemplo de la imagen original y la imagen de invariantes.

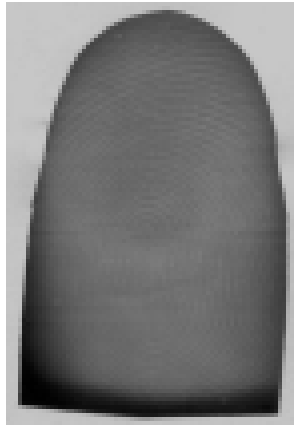


Fig. 6
Imagen original

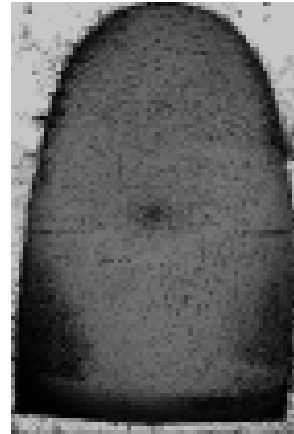


Fig. 7
Imagen de invariantes

Conclusiones

El presente proyecto propuso el uso de *las matrices evolutivas a través de las rejillas como medio de percepción, almacenamiento y procesamiento* en un sistema reconocedor de huellas digitales como una *opción de actualización permanente* del Banco de Imágenes.

El uso de rejillas reduce el tiempo de entrenamiento del sistema en el reconocimiento de huellas puesto que la imagen almacenada equivale a tener k muestras de la imagen en diferentes ángulos.

El uso de matrices evolutivas reduce considerablemente las fallas en el reconocimiento de imágenes que no han sido actualizadas en mucho tiempo. Esto se debe a que el sistema está aprendiendo de las huellas de entrada actualizando permanentemente su banco de imágenes.

Referencias

- 1.- GALINDO Soria, Fernando. "Sistemas Evolutivos". Boletín de Política Informática del INEGI-SPP. Cd. de México. Septiembre de 1986.
- 2.- GALINDO Soria, Fernando. "Una Representación Matricial para Sistemas Evolutivos". Conferencia Magistral Simposium Internacional de Computación, IPN-CENAC, México, 1993.
- 3.- CANTÚ Rohlik, Cuitlahuac. "Sistemas evolutivos para reconocimiento de imágenes". IPN-UPIICSA.
- 4.- GARCÍA Ortega Victor Hugo, "Sistema de reconocimiento de huellas dactilares para el control de acceso a recintos". 2001. Centro de Investigación en Computación. Laboratorio de Sistemas Digitales. vgarcia@cic.edu.mx
- 5.- LUQUE José A., BARRIOS Alejandro R. "Sistema de Identificación mediante Huella Digital" IEEE Student Members. TECNIA, Vol 8 N°03, págs.11-17, 1999. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Peru.
- 6.- GALINDO Soria, Fernando. "Matrices Evolutivas". Revista Científica num. 8. Editorial de la ESIME del IPN. Cd. de México. Marzo – Abril de 1998
- 7.- MEDINA May, José Armando. "Sistemas Evolutivos Generadores de Escenarios Fractales". Memorias del X Congreso nacional ANIEI sobre Informática y Computación. Monterrey, N. L. Octubre 1997.
- 8.- OLIVARES Ceja, Jesús. "Agente Evolutivo Manejador del Conocimiento". Memorias del X Congreso Nacional ANIEI sobre Informática y Computación, Monterrey, N. L. Octubre 1997.
- 9.- TORRES Hernández, Luis E., LONGORIA G., Alfonso, ROJAS Salinas, Antonio. "Aplicación de los Sistemas Evolutivos en el Análisis de Espectros de Rayos Gamma". Memorias de la Primera

Conferencia de Ingeniería Eléctrica CIE/95. CINVESTAV del IPN. Cd. de México. Septiembre 1995.

- 10.- GARCÍA García, Karla, SALCIDO Bustamante, Sergio, VENTURA Silva, Alfonso. "Sistema Evolutivo de Reconocimiento de Formas en dos dimensiones". Teoría y Práctica de los Sistemas Evolutivos. Editor Jesús Olivares Ceja (www.jesusolivares.com). Cd. de México, 1997