

APP movil para el reconocimiento facial

Mobile app for facial recognition

Fausto Alberto Viscaino¹, Amanda Patricia Arcos², Freddy Patricio Baño³, Henry William Baño⁴

RESUMEN:

La tecnología del reconocimiento facial permite identificar individuos mediante análisis de las características del rostro que no pueden ser fácilmente alterados (los arcos superficiales, las zonas alrededor de los pómulos o los laterales de la boca). La tecnología se emplea habitualmente para comparar tomas de datos de caras a tiempo real incluso con movimiento con plantillas almacenadas, pero también puede emplearse para comparar imágenes estáticas como las de los pasaportes. El proceso de identificación facial se divide básicamente en dos tareas: detección y reconocimiento. La primera de ellas, la detección, comprende la localización de una o varias caras dentro de una imagen, ya sea fija o una secuencia de vídeo. La segunda tarea, el reconocimiento, consiste en la comparación de la cara detectada en el paso anterior con otras almacenadas previamente en una base de datos. Estos procesos, detección y reconocimiento, no deberían ser totalmente independientes debido a que según la forma en la que se detecte una cara puede ser prácticamente imposible su reconocimiento con caras de una base de datos detectadas de manera diferente, de ahí que los sistemas de reconocimiento facial estén fuertemente condicionados por la posición y orientación de la cara del sujeto con respecto a la cámara y las condiciones de iluminación en el momento de realizar la detección.

Palabras claves: Reconocimiento facial, detección, iluminación, tecnología.

ABSTRACT:

The facial recognition technology allows individuals to be identified through analysis of facial features that can not easily be altered (superficial arches, areas around the cheekbones or sides of the mouth). The technology is commonly used to compare face data shots in real time even with movement with stored templates, but it can also be used to compare static images such as passport images. The process of facial identification is basically divided into two tasks: detection and recognition. The first of these, detection, comprises locating one or several faces within an image, either fixed or a video sequence. The second task, the recognition, consists of comparing the face detected in the previous step with others previously stored in a database. These processes, detection and recognition, should not be totally independent because according to the way in which a face is detected it can be practically impossible to recognize it with faces of a database detected in a different way, hence the recognition systems Facial conditions are strongly conditioned by the position and orientation of the subject's face with respect to the camera and the lighting conditions at the time of detection.

Keywords: Facial recognition, detection, lighting, technology.

Recibido 10 de septiembre del 2017; revisión aceptada 27 de noviembre del 2017

¹ Universidad Regional Autónoma de los Andes UNIANDES, Ambato, Ecuador, faustoviscaino@uniandes.edu.ec

² Universidad Regional Autónoma de los Andes UNIANDES, Ambato, Ecuador, amanditaarcos@gmail.com

³ Universidad Regional Autónoma de los Andes UNIANDES, Ambato, Ecuador, freddybn@uniandes.edu.ec

⁴ Universidad Regional Autónoma de los Andes UNIANDES, Ambato, Ecuador, henrywbn@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Es una versión mucho más potente que la tecnología que usa su celular o su computadora para identificar a sus amigos en sus fotos. Su uso para reconocer personas y validar sus identidades puede agilizar el control de acceso a edificios corporativos y gubernamentales. Algunos sistemas tienen la capacidad de identificar criminales conocidos o sospechosos y las empresas pueden analizar las caras de sus clientes para adaptar las estrategias de marketing. Pero también hay serios problemas de privacidad, ya que esta tecnología puede ser utilizada para rastrear a los individuos a través de sus comunidades e incluso por todo el mundo.

El mercado de reconocimiento facial tiene un valor de aproximadamente US\$ 3 mil millones y se espera que crezca a US\$ 6 mil millones en 2021. La vigilancia es la razón principal para el crecimiento: los gobiernos son los principales consumidores. El FBI tiene una base de datos con imágenes de aproximadamente la mitad de la población estadounidense. También existe el temor de que algunas personas usen la tecnología para cometer acoso en línea o incluso acoso real. A medida que el reconocimiento facial se hace más común, debemos saber cómo funciona.

Es una versión mucho más potente que la tecnología que usa su celular o su computadora para identificar a sus amigos en sus fotos. Su uso para reconocer personas y validar sus identidades puede agilizar el control de acceso a edificios corporativos y gubernamentales. Algunos sistemas tienen la capacidad de identificar criminales conocidos o sospechosos y las empresas pueden analizar las caras de sus clientes para adaptar las estrategias de marketing. Pero también hay serios problemas de privacidad, ya que esta tecnología puede ser utilizada para rastrear a los individuos a través de sus comunidades e incluso por todo el mundo.

El mercado de reconocimiento facial tiene un valor de aproximadamente US\$ 3 mil millones y se espera que crezca a US\$ 6 mil millones en 2021. La vigilancia es la razón principal para el crecimiento: los gobiernos son los principales consumidores. El FBI tiene una base de datos con imágenes de aproximadamente la mitad de la población estadounidense. También existe el temor de que algunas personas usen la tecnología para cometer acoso en línea o incluso acoso real. A medida que el reconocimiento facial se hace más común, debemos saber cómo funciona.

Hasta hace poco, debido a los altos costos (tanto monetarios como de recursos de cómputo) y capacidad limitada por parte de los dispositivos, los usuarios no habían dado uso a las tecnologías del reconocimiento facial en su totalidad. Sin embargo, los recientes años han brindado constantes mejoras en dichas tecnologías. Por ejemplo, desde 1993 a 2010, pruebas conducidas por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnologías (“NIST”), demostró que la tasa de rechazo falso – tasa sobre la cual los sistemas de reconocimiento facial rechazaban incorrectamente una comparación entre dos caras que eran, de hecho, las mismas – fue reducido por la mitad cada dos años. En agosto de 2011, Hadi Seyedarabi, Saeid Fazli y Reza Afrouzian , descubrieron cómo aumentar la eficiencia de los algoritmos utilizados para el reconocimiento de expresiones faciales básicas usando Gabor Filter Bank (Banco de Filtro de Gabor) cuyo modelo utiliza la extracción de datos, y LDA (Linear Discriminant Analysis ó Análisis del Discriminante Lineal) utilizado para la reducción de características y variables. Debido a que la técnica de Gabor Filter Bank conlleva una carga computacional bastante grande, el método propuesto utiliza la simetría de la cara para extraer las características del rostro (por lo que toma en consideración sólo la mitad del rostro), cuyos resultados, en

comparación con los métodos clásicos, son aproximadamente equivalentes. Por lo tanto, a pesar de la carga computacional impuesta por esta técnica; éste sigue siendo un algoritmo de mayor eficiencia debido a la considerable reducción de carga computacional. Luego, en el mes de enero del presente año, Luis Blázquez Pérez, estudiante de la Universidad Autónoma de Madrid, presentó su proyecto de fin de carrera: “Reconocimiento Facial Basado en Puntos Característicos de la Cara en Entornos No Controlados”, el cual se basa en el desarrollo de un sistema de detección y marcado/corrección de puntos característicos faciales (lo cual agregaría robustez a estos sistemas, aumentando su eficacia y reduciendo márgenes de error), cuyo procedimiento radica en el previo procesamiento de las imágenes del rostro del individuo, para luego detectar los rasgos biométricos mal marcados (ojos, nariz, boca...); extraer dichos datos, y finalmente corregirlos.

Más tarde, en el mes de junio del mismo año, fue publicado el trabajo de Annu, Chander Kant, el cual propone una idea de reconocimiento facial humano incluso en presencia de fuertes expresiones faciales (lo cual ha sido uno de los constantes problemas a resolver, ya que dependiendo de la base de datos, el sistema puede llegar a requerir que el usuario deba tener ciertas expresiones faciales muy limitadas a la hora de verificar su identificación para lograr realizar una comparación precisa) mediante el uso del método Eigenface, el cual se basa en el hecho de que las características extraídas de las secuencias de la imagen del rostro, pueden ser usadas eficientemente para las expresiones faciales. Actualmente, a pesar de los recientes avances en estas tecnologías, muchos de los problemas principales siguen siendo el principal motivo de estudio en esta área ya que estos aún no han sido “eliminados” por completo.

Como uno de los métodos de los llamados sistemas de identificación biométricos, el reconocimiento facial examina las características físicas de una persona en un intento de distinguirla de manera única. Lo hace en tres pasos: detección, creación de caras y verificación o identificación.

Cuando una imagen es capturada, el software la analiza para identificar dónde están los rostros, por ejemplo, en un centro comercial. Una vez que el sistema identificó cualquier cara potencial en una imagen, "mira" cada más de cerca. A veces la imagen necesita ser reorientada o redimensionada. Una cara muy cerca de la cámara puede parecer inclinada o estirada ligeramente. Alguien más alejado puede parecer más pequeño o incluso puede estar parcialmente oculto a la vista.

Cuando el software llega a un tamaño adecuado, recrea la "cara", es decir, localiza los rasgos faciales. Las imágenes ahora son capaces de recopilar una gran cantidad de información adicional: desde la estructura ósea hasta las curvas alrededor de la cuenca del ojo, la nariz y la boca. Los ojos son un factor clave en la precisión. Los lentes de sol son más propensos a reducir la precisión del software que el pelo facial o los lentes de receta.

El reconocimiento facial es el empleo tanto en verificación como en identificación. Además, como las imágenes de rostro se pueden tomar fácilmente con videocámaras, el reconocimiento facial es el único sistema biométrico que puede emplearse en vigilancias.

Es, por tanto, una técnica controvertida, desde el punto de vista del usuario es atractiva, pero presenta muchas dificultades prácticas, tales como reconocer una cara dentro de un grupo, algo diferente a realizar contraste entre dos imágenes.

La técnica biométrica que explota esta característica recurre a la creación de una imagen facial a partir de atributos faciales como la localización y el tamaño de los ojos, cejas, labios o nariz. Se trata de un método intrusivo y que no requiere de la cooperación del individuo, ya que basta con utilizar una cámara para capturar las imágenes necesarias. En muchos casos el usuario no tiene por qué enterarse de que el sistema está tratando de identificarlo.

No obstante, los rasgos faciales pueden experimentar ciertos cambios a lo largo del tiempo (envejecimiento, cambio radical de ciertos atributos, como la barba, el pelo, el bigote y la utilización de gafas) o pueden ser disimulados mediante disfraces y técnicas de maquillaje, circunstancias que dificultan el reconocimiento facial.

La aparición de las cámaras digitales de alta resolución lo ha convertido en un sistema bastante popular desde mediados de los años noventa, sobre todo en Estados Unidos, donde está siendo utilizado en los sistemas de vigilancia que se ha implementado en aeropuertos y otros lugares públicos para la identificación de criminales y presuntos terroristas.

Como ejemplo de aplicación comercial, la empresa Nec presentó en marzo de 2004 un algoritmo de reconocimiento facial capaz de capturar datos faciales en 3D. El citado algoritmo utiliza descripciones GIB (Geodesic Illumination Basis) para describir diferencias en la iluminación de la piel, como dato registrado, partiendo de una exploración facial en 3D.

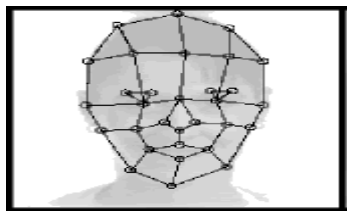


Figura 1. Correspondencia entre agrupaciones de grafos elásticos.

Por otra parte, al incorporar cámaras digitales de alta resolución, los propios teléfonos móviles ya son capaces de “reconocer” a sus legítimos propietarios. Así, en marzo de 2005 la compañía japonesa Omron presenta el programa OKAO Vision Face Recognition Sensor, que permite vincular la imagen de un determinado rostro con la activación válida del terminal.

SecurOS FACE es un módulo de analítica de video para SecurOS que provee captura y reconocimiento de rostros, con un alto nivel de coincidencia, en una gran cantidad de condiciones, lo que lo posiciona como uno de los sistemas de reconocimiento facial más precisos en el mercado. El gran nivel de precisión está soportado por la tecnología de ISS, con algoritmos realmente avanzados, los cuales identifican características únicas y específicas, generando un alto nivel de detalle.

El sistema permite incluir rostros en la base de datos, para ser reconocidos en tiempo real. Puede ser utilizado de forma activa, donde las personas saben que su rostro está siendo capturado y reconocido, o de forma pasiva, donde las personas no tendrán dicho conocimiento. Puede ser utilizado de manera independiente, o en conjunto con controles de acceso u otras tecnologías, para aumentar la funcionalidad.

2. METODOLOGÍA

A. MÉTODO (*Elastic Bunch Graph Matching, EBGM*)

El algoritmo EBGM fue diseñado para realizar tareas de reconocimiento facial, utilizando solamente algunos puntos de interés y no la cara en su totalidad. La técnica de EBGM se desarrolla básicamente en dos etapas: la primera consiste en ajustar un grafo de puntos principales a la cara del individuo, utilizando para ello un modelo estadístico de dicho grafo; la segunda etapa extrae características locales en dichos puntos y halla la distancia entre el grafo obtenido y sus descriptores al grafo almacenado de la persona a identificar. Dependiendo de la distancia encontrada, se ratifica o no la identidad del individuo.

El primer paso, antes de la utilización de este algoritmo, es la normalización de las imágenes. En este proceso se reduce el tamaño de las imágenes y se realizan transformaciones geométricas que ubican las coordenadas de los ojos del individuo en posiciones predeterminadas.

A continuación, se describe la parte del algoritmo EBGM que se refiere a la localización de puntos característicos.

1. Se define una estructura de grafo sobre la cara, cuyos nodos son puntos de interés, que se puedan localizar fácilmente y que posean la misma estructura en todos los rostros.
2. Cada nodo del grafo es caracterizado utilizando un banco de filtros de Gabor de diferentes frecuencias y orientaciones. En cada nodo, se calcula la respuesta de todos los filtros, denominado Jet. Por consiguiente, cada nodo queda etiquetado con sus coordenadas y su Jet asociado.
3. Para una imagen nueva se busca en la base de datos el conjunto de Jets que sean más similares. Para realizar esto, se centra el grafo en los ojos de la nueva imagen, se calculan los jets de estos puntos y se comparan con los jets de los ojos de la base de datos. Para la comparación de los jets se utiliza una función de similitud de fase, ésta es similar a una correlación.

Este algoritmo tiene en cuenta que las imágenes faciales reales tienen muchas características no lineales que no son tratadas en los métodos lineales de análisis (LDA, PCA), tales como variaciones en la iluminación (iluminación de exteriores vs interior fluorescente), postura (frontal vs inclinada) y expresión (sonrisa vs ceño fruncido). Sin embargo, la dificultad de este método es el requerimiento de la precisa localización del punto de referencia.

B. Modelo de apariencia activa (*Active Appearance Model, AAM*)

Los Modelos de Apariencia Activa (AAM) permiten reproducir de forma sintética imágenes de superficies que incluyen deformaciones no rígidas y cambios de apariencia. Están basados en la obtención, mediante una fase de entrenamiento, de un modelo estadístico de la forma y la apariencia del objeto de interés.

En un AAM la forma es descrita mediante un conjunto de N puntos característicos (los llamados Parámetros de forma), que determinan una malla similar a la representada en la Figura 2.

Mediante el análisis de componentes principales (PCA) sobre las mallas de entrenamiento se obtiene una malla s_0 y un subespacio $B_s=[s_1, \dots, s_N]$ formado por n componentes principales, con una dimensionalidad menor que la del conjunto de entrenamiento.

Cualquier instancia de la forma del modelo se obtiene a partir de una combinación lineal de los vectores de la base de forma, B_s .

La inclusión de los parámetros de forma en el modelo se realiza mediante una transformación afín definida a trozos denominada función warp $W(x;p)$. Esta función se encarga de transformar los puntos interiores de una malla concreta (normalmente se elige s_0), en donde se define la apariencia, a cualquier malla $s(p)$ según (1, 2).

La apariencia se describe a partir del mapa de bits definido en el interior de los diversos triángulos que forman los puntos de la malla s_0 , son los llamados parámetros de apariencia.

Mediante (3) se transforman las imágenes de entrenamiento, con el fin de normalizarlas en forma. De la misma manera que con los parámetros de forma, mediante PCA se obtienen tanto la apariencia media A_0 , como la base de un subespacio $B_A=[A_1(x), A_2(x), \dots, A_m(x)]$, de dimensión menor al conjunto de entrenamiento, que está formada por las m componentes principales del entrenamiento.

A partir de estos elementos, se obtiene un modelo de apariencia lineal, que es capaz de generar una instancia de apariencia a partir de una combinación lineal de la media y las componentes de la base, ponderadas por un conjunto de parámetros $\lambda=(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m)$:



Figura 2. Ejemplo de malla en AAM

Una vez obtenido el modelo de apariencia lineal, se procede con el ajuste del modelo que trata de, a partir de una imagen de entrada $I(x)$, encontrar el conjunto de parámetros p y λ que minimicen el error cuadrático entre la instancia del modelo generado a partir de esos parámetros y la imagen de entrada.

Existen diversos métodos para minimizar (4, 5), entre los que destacan por su precisión el algoritmo de Lucas-Kanade, el cual, en líneas generales, es un método de minimización iterativo basado en el algoritmo de Gauss-Newton.

El modelo AAM es un buen método estadístico para ajustes de plantillas, el cual usa toda la información de la cara, es decir, no solo los puntos de los bordes, sino también los interiores. El gran problema de este modelo es que son muy sensibles al proceso de inicialización, esto es, cuando la inicialización está alejada del objeto destino, ellos pueden converger hacia mínimos locales.

C. Modelo de forma activa (Active Shape Model, ASM)

El modelo estructural que define ASM (6-10) está compuesto por tres elementos: i) un modelo de contorno, ii) un modelo de apariencia y iii) un algoritmo de búsqueda para ajustar el modelo mediante la minimización de una función de coste.

i. Modelo de contorno

El objetivo del modelo de contorno es asegurar que la segmentación produce contornos válidos para la región facial. El modelo de contorno viene dado por los componentes principales de los vectores definidos por las marcas de referencia. Una región facial queda definida mediante n marcas $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ que se pueden agrupar para formar vectores de contorno de la forma:

$$\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_n, y_1, \dots, y_n)^T$$

Así, un contorno se puede aproximar mediante la siguiente expresión:

$$\mathbf{x} \approx \mathbf{x}_m + \Phi \mathbf{b}$$

En la expresión anterior, \mathbf{x}_m define el contorno medio, Φ es la matriz de t autovectores obtenida como solución al problema de autovectores sobre la matriz de covarianzas de los contornos y \mathbf{b} es un vector de t elementos que contiene los parámetros del modelo tal que:

$$\mathbf{b} = \Phi^T (\mathbf{x} - \mathbf{x}_m)$$

Cuando se ajusta el modelo, los valores de \mathbf{b} se limitan de la siguiente forma:

$$|b_i| < m \sqrt{\lambda_i}$$

De manera general, los valores de m oscilan entre dos y tres. Por su parte, el número de autovalores que se emplean, se eligen de tal forma que el modelo ajuste una cierta proporción f_v de la varianza de los contornos de entrenamiento.

ii. Modelo de Apariencia

El modelo de apariencia se limita al borde de la región facial sobre la imagen en escala de grises y es la derivada normalizada en la dirección perpendicular al contorno de la misma. Su objetivo es asegurar que la segmentación localiza el rostro en una posición donde la estructura de la imagen a los lados (o dentro) del contorno es similar a la estructura de las imágenes de entrenamiento. El modelo de apariencia que define la estructura de la imagen alrededor de cada marca se obtiene a partir de un perfil de píxeles muestreados en las direcciones perpendiculares al contorno. La dirección perpendicular a la marca (x_n, y_n) se obtiene rotando 90° el vector formado por las marcas (x_{n-1}, y_{n-1}) y (x_{n+1}, y_{n+1}) .

Una vez se han calculado las direcciones perpendiculares, se muestrean k píxeles a cada lado del contorno en cada una de las marcas para generar perfiles de longitud $2*k+1$. El modelo de apariencia se construye al obtener la primera derivada de cada uno de los perfiles, calculada como la diferencia entre los puntos $j-1$ y $j+1$. Posteriormente, se normalizan los elementos del perfil de tal forma que la suma de sus valores absolutos sea 1.

A partir de N imágenes de entrenamiento se obtiene una serie de perfiles normalizados g_1, \dots, g_s para cada una de las marcas. Así, si se calculan el perfil medio g_m y la matriz de covarianzas S_g , es posible calcular la distancia de Mahalanobis entre un nuevo perfil y el modelo como:

$$f(g_i) = (g_i - g_m)^T S_g^{-1} (g_i - g_m)$$

iii. Algoritmo de Búsqueda

El contorno de la región facial se ajusta mediante un proceso iterativo que comienza en el contorno medio. En cada iteración, cada marca se mueve n_s posiciones en la dirección perpendicular al contorno y se coloca en la posición que ofrece la menor distancia de Mahalanobis. Tras la actualización de las marcas, el modelo se desplaza a las nuevas posiciones.

A continuación, en la Figura 3, se muestra un ejemplo de la búsqueda de una cara utilizando el modelo explicado (Modelo de Forma Activa).



Figura 3. Búsqueda de una cara utilizando el Modelo de Forma Activa

El modelo ASM es un buen método estadístico basado en la forma del objeto. Para ajustar un objeto determinado en una nueva imagen, se realizan deformaciones de forma iterativa. Las formas están restringidas por un modelo estadístico de forma, para variar sólo en las formas precisadas por un modelo de entrenamiento. Los puntos de referencia están localizados, generalmente, en los contornos. El gran problema de este modelo es que son muy sensibles al proceso de inicialización, esto es, cuando la inicialización está alejada del objeto destino, ellos pueden converger hacia mínimos locales.

MODO DE VERIFICACIÓN:

Los sistemas de verificación de individuos, por el contrario, toman dos entradas:

- una realización del rasgo biométrico a verificar,
- una solicitud de identidad, que puede ser realizada de diversas formas (lectura de tarjeta magnética individual, introducción mediante teclado o mediante voz de un código de locutor, etc.).

De este modo, las dos únicas salidas o decisiones del sistema son la aceptación o rechazo del individuo como aquél que pretende ser. De esta forma, el locutor solicitante será catalogado como usuario auténtico o bien como impostor, respectivamente.

La decisión de aceptar o rechazar la locución de entrada como correspondiente al locutor solicitado dependerá de si el valor de parecido o probabilidad obtenido supera o no un determinado umbral de decisión.

La figura siguiente muestra de forma genérica la estructura típica de un sistema de verificación:

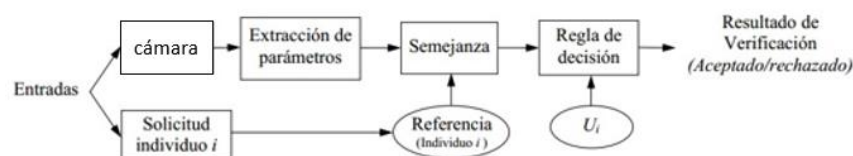


Figura 4. Esquema modo verificación.

DESARROLLO DEL PROTOTIPO:

a) ANÁLISIS:

Tras realizar un análisis exhaustivo de diferentes métodos de reconocimiento y la forma de llevar a cabo dicha tarea en dispositivos con escasa capacidad de cálculo, se ha pensado que la mejor opción es hacer una división de tareas del procedimiento completo. Así, el sistema se va a dividir en 2 pilares fundamentales:

- Un dispositivo de detección
- Un servidor de reconocimiento

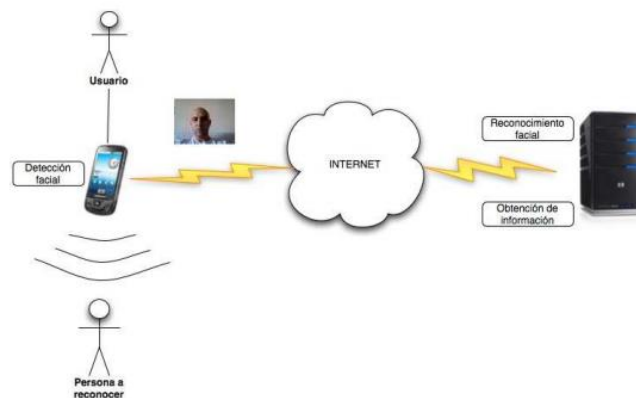


Figura 5. Diseño del sistema.

Hoy por hoy, todo dispositivo móvil dispone de una conexión de red, ya sea Wifi o cableada, por lo que la implementación de un modelo basado en cliente-servidor puede ser una solución aceptable.

El dispositivo de detección es el encargado de capturar la imagen o vídeo que contiene a la persona cuya cara se quiere reconocer. Dicho dispositivo cuenta con una cámara, integrada o externa. Una vez capturada la imagen, detecta en ella las caras de la persona o personas a las que se esté enfocando, se extraerá dicha región y se enviará a través de la conexión disponible en ese momento al servidor de reconocimiento. Resumiendo:

- Capturar la imagen.
- Detectar las caras.
- Enviar la región seleccionada al servidor y esperar respuesta.

Por otra parte, el servidor de reconocimiento se está ejecutando en modo pasivo a la espera de recibir conexiones provenientes de los dispositivos que ejecutan el software cliente e interactúa con ellos para satisfacer las necesidades oportunas. Las tareas del servidor de reconocimiento son:

- Reprocesar la imagen que ha recibido del cliente.
- Realizar el reconocimiento y obtener información extra.
- Mejorar las características del clasificador.
- Dar respuesta al cliente.

Como puede apreciarse, las tareas del cliente son tareas livianas que podrá realizar sin consumir excesivos recursos del sistema.

b) DISEÑO:

La aplicación de deriva en dos acciones principales que son:



Figura 6. Ingreso de Usuario.

Mapeo de Rostros despues de haber utilizado las fotos del rostro.



Figura 7. Detección de rostros.

c) CODIFICACIÓN:

```

@Override
public Mat onCameraFrame(CameraBridgeViewBase.CvCameraViewFrame inputFrame) {
    Mat imgRgba = inputFrame.rgba();
    Mat imgCopy = new Mat();
    imgRgba.copyTo(imgCopy);
    // Selfie / Mirror mode
    // front_camera
    if (front_camera) {
        Core.flip(imgRgba, imgRgba, 1);
    }

    long time = new Date().getTime();
    if ((method == MANUALLY) || (method == TIME) && (lastTime + timeDiff < time)) {
        lastTime = time;

        // Check that only 1 face is found. Skip if any or more than 1 are found.
        List<Mat> images = ppf.getCroppedImage(imgCopy);
        if (images != null && images.size() == 1) {
            Mat img = images.get(0);
            if (img != null) {
                Rect[] faces = ppf.getFacesForRecognition();
                //Only proceed if 1 face has been detected, ignore if 0 or more than 1 face have been detected
                if ((faces != null) && (faces.length == 1)) {
                    faces = MatOperations.rotateFaces(imgRgba, faces, ppf.getAngleForRecognition());
                    if (((method == MANUALLY) && capturePressed) || (method == TIME)) {
                        MatName n = new MatName(name + "." + total, img);
                        if (folder.equals("Test")) {
                            String wholeFolderPath = FR_TEST_PATH + name + "/" + subfolder;
                            new File(wholeFolderPath).mkdirs();
                        }
                    }
                }
            }
        }
    }
}

```

Figura 8. Código donde recoge datos del rostro y los almacena.

4. CONCLUSIONES

Después de analizar la trayectoria que ha tenido el reconocimiento facial dentro de la ciencia y sus actuales y futuras aplicaciones para la sociedad, no sería necesario ser científico para entender su importancia dentro de la comunidad científica, ni ser usuario de las aplicaciones relacionadas con el reconocimiento facial para ver todas estas tecnologías integradas en nuestro futuro; porque, definitivamente, todos estos retos que se han presentado en el desarrollo de estas tecnologías no han sido menos que una gran motivación, para los científicos, en seguir estudiando y trabajando día a día para tener esta increíble herramienta mejor integrada en nuestras vidas.

El reconocimiento facial tiene una efectividad que decrece sensiblemente en ambientes abiertos, es decir fuera de ambientes controlados.

No obstante, el sistema es susceptible a mejoras como son, por ejemplo, la fuerte dependencia de las condiciones de iluminación, supuestas constantes para el desarrollo del programa, y a la orientación y posición de la cara del sujeto, tanto en el proceso de detección como en el de reconocimiento.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. K. Jain, A. Ross and S. Prabhakar, "Biometrics: A Tool for Information Security", IEEE Transactions on information forensics and Security, Vol. 1, No. 2, pp. 125-143, June 2006.
- [2] Anil K. Jain, Ajay Kumar, "Biometrics of Next generation: An overview", to appear in 'Second Generation Biometrics' Springer, 2010
- [3] Gert M. Beumer, "Face recognition, a landmark tale", PhD Thesis, October 16th 2009.
- [4] Asker M. Bazer, Raymond N.J. Veldhuis, and Gerrie H. Croonen, "Likelihood Ratio-Based Detection of Facial Features", pp. 323-329, 2003.
- [5] G.M. Beumer, Q. Tao, A.M. Bazen, and R.N.J. Velhuis, "A landmark paper in face recognition", 2006.
- [6] *Según el número de autores, adapte la zona correspondiente al nombre y filiación de manera oportuna. Intente no variar de manera notable el aspecto y tamaño de la zona.*
- [7] M. A. Turk and A. P. Pentland, "Face Recognition Using Eigenfaces", Proc. IEEE,
- [8] Laurenz Wiskott, Jean-Marc Felloues, Norbert Krüger, Christoph Von Der Malsburg, "Face recognition by Elastic Bunch Graph Matching". IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 19, no. 7, pp. 775-779, Julio de 1997.
- [9] Luis Carlos Molina, Lluís Belanche, and Àngela Nebot. Feature selection algorithms: A survey and experimental evaluation. In Proceedings of the 2002 IEEE International Conference on Data Mining, ICDM '02, pages 306–, Washington, DC, USA, 2002. IEEE Computer Society.
- [10] (Vieites, Enciclopedia de la Seguridad Informática. 2ª edición 2014)