

Título del Proyecto de Investigación
al que corresponde el Reporte Técnico:

Retroalimentación implícita de relevancia de textos durante la
búsqueda de información mediante eyetracking

Tipo de financiamiento

Financiamiento externo no administrado por la UACJ

Fecha de Inicio: 01/12/2018

Fecha de Término: 31/12/2022

Tipo de Reporte

Parcial

Final

Autor (es) del reporte técnico:

Dr. Francisco López Orozco
Dr. Israel Hernández Hernández
Dr. Julia Patricia Sánchez Solís
Dr. Vicente García Jiménez
Dr. Rogelio Florencia Juárez
Ing. Isaías Arrieta Arellano (egresado)

Enfoque Algorítmico de Detección Ocular para el Bloqueo/Desbloqueo de Dispositivos Móviles

Resumen del reporte técnico en español (máximo 250 palabras)

En este documento se presentan resultados parciales del proyecto derivado de **Retroalimentación implícita de relevancia de textos durante la búsqueda de información mediante eyetracking** con registro CATHI RIPI2019IIT68. El reporte está basado en el reporte técnico de investigación de titulación intracurricular “IMPLEMENTACIÓN DE UN ALGORITMO DE DETECCIÓN OCULAR PARA EL DESBLOQUEO DE DISPOSITIVOS MÓVILES” del programa de Ingeniería de Software de la UACJ.

Este proyecto pretende fomentar la idea del uso del eye tracker como modelo preventivo ante la exposición o ataque contra la privacidad del usuario. La importancia en la actualidad sobre el dispositivo móvil ha incrementado a razón del uso cotidiano de este aparato de comunicación, que tomarlo a la ligera y con las vulnerabilidades actuales, se necesita tener conciencia acerca de la protección de datos. Aquí se presentan elementos que constituyen la evolución de la rama telefónica y su relación con la seguridad, en donde se hace la propuesta de este algoritmo para ofrecer una nueva posibilidad en la seguridad móvil.

Resumen del reporte técnico en inglés (máximo 250 palabras):

This document presents the results of the project derived from **Implicit feedback of relevance of texts during the search for information through eyetracking** with CATHI RIPI2019IIT68 registry.

The implementation of an eye detection algorithm for unlocking mobile devices is reported. This project aims to promote the idea of using the eye tracker as a preventive model against exposure or attack against user privacy. The importance of the mobile device today has increased due to the daily use of this communication device, that taking it lightly and with the current vulnerabilities, it is necessary to be aware of data protection. Here are presented elements that constitute the evolution of the telephone branch and its relationship with security, where the proposal of this algorithm is made to offer a new possibility in mobile security.

Palabras clave: Eye tracker, OpenCV, haar-cascade, dispositivo móvil, AndroidOS, seguridad móvil.

Usuarios potenciales (del proyecto de investigación)

Cualquier usuario de dispositivos móviles como teléfonos celulares y tabletas que pretendan probar una alternativa de bloqueo/desbloqueo de sus dispositivos a partir de la cámara incluida en el mismo dispositivo.

Reconocimientos

Al Laboratorio de Tecnologías Emergentes en Ciencias de la Computación (LabTEC2) de la División Multidisciplinaria de la UACJ en Ciudad Universitaria por facilitar el uso del equipo de forma remota o con cambio de ubicación. A la Universidad de Grenoble-Alpes (UGA) por el apoyo financiero recibido para efectuar una estancia de investigación en

2019. A los estudiantes de pre-grado de UACJ, principalmente de los programas de Ing. de Software e Ing. en Sistemas Computacionales que participaron durante la fase experimental. Todo este trabajo fue llevado a cabo con las restricciones sanitarias impuestas para evitar la propagación de COVID-19.

1. Introducción

El proyecto aborda la implementación de un algoritmo de detección ocular para el desbloqueo de dispositivos móviles por medio de la tecnología eye-tracker. La implementación de este algoritmo permite la detección en tiempo real de los rostros con la cámara frontal buscando utilizar ese elemento como un modelo de seguridad para el dispositivo móvil. El modelo de seguridad pretende crear una nueva modalidad que apoye al dispositivo móvil en el resguardo de la información y la privacidad del usuario. Se consideró la idea de crear el modelo preventivo para el beneficio y la seguridad de los usuarios. El producto creado fue un detector visual implementado en un dispositivo móvil que accede a la cámara frontal para hacer la detección de las pupilas y poder hacer un movimiento que simula el cursor de un mouse en la pantalla del dispositivo móvil para recorrer el espacio donde se realiza el patrón de desbloqueo. Este proyecto pretende beneficiar la seguridad en los dispositivos móviles, si bien, la existencia de métodos de bloqueo de pantalla han estado presentes, sin embargo, se tomó a consideración que utilizar un nuevo mecanismo que desbloqueara los dispositivos móviles ofrecería una alternativa más robusta en cuanto a seguridad se trata.

2. Planteamiento

Antecedentes

A medida que la seguridad va creciendo, se vuelve indispensable que la rigurosidad en los métodos de bloqueo al acceso informativo esté actualizándose ante los posibles ataques informativos; y esto viene relacionado con los bloqueos de pantalla en los dispositivos móviles, que cuentan con diversas formas para realizar esta acción preventiva. Algunas medidas que trabajan con la seguridad que se están aplicando recaen en el uso de la vista para poder generar patrones visuales, estos patrones trabajan como modelo de protección

y esta implementación podría contribuir a nuevas medidas de seguridad para los dispositivos móviles. Los autores del artículo *Exploiting eye tracking for smartphone authentication* [5], Dachuan Liu, Bo Dong, Haining Wang y Xing Gao diseñan un nuevo enfoque de autenticación basado en el patrón de movimiento del ojo de modo que un usuario de smartphone pueda usar la cámara frontal del aparato y pueda omitir la calibración antes de cada autenticación. Los usuarios no necesitan recordar las formas complejas, sólo seguir el blanco como contraseña. Dentro de los teléfonos celulares se encuentra ya visto la detección de la huella dactilar como un modelo de bloqueo, no obstante, estudios sobre la utilización de la detección ocular, han generado un impacto importante en la creación de un modelo que pueda establecer la visión como un método de bloqueo. También el estudio realizado por Chen Song, Aosen Wang, Kui Reny Wenyao Xu en el artículo *EyeVeri: A secure and Usable Approach for Smartphone UserAuthentication* [6] nos explican cómo es el impacto de la biométrica ante la posible creación de un identificador visual para los dispositivos móviles. Las biométricas del movimiento de los ojos para la identificación humana fueron inicialmente investigados por Kasproski y Ober [7]. Ellos realizaron una identificación personalizada basada en el movimiento característico de los ojos, usando Eye Tracking. El experimento probó la posibilidad de identificar personas con ese aspecto biológico único. Bednarik [8] presentó un caso de estudio investigando el potencial de la información del movimiento del ojo para propósitos biométricos. Los resultados indicaron que el movimiento de ojo y la característica de la mirada contienen la información discriminatoria entre los individuos. Después, Komogorstev, hizo estudios [9, 10, 11] basados en la identificación humana por el movimiento de ojo, incluyendo los tipos defectos estimulantes del ojo y los patrones de movimiento en la precisión en la verificación biométrica. Los resultados verificaron que ciertas características extraíbles de fijación son capaces de precisar distinciones individuales". Si bien, retomando cada aspecto de los tres proyectos se encuentra una relación en común, el enfoque visual y su posible aplicación como medio de autenticación, todo esto, sobre pone la idea general en lo que se plantea a desarrollar; este proyecto busca aprovechar la utilización del movimiento visual para la creación de firmas oculares para el bloqueo de los dispositivos móviles.

Marco teórico

Eye-Tracking.- Para poder abordar en este problema se debe contar con la tecnología del eye-tracking, siendo parte fundamental de este proyecto, ya que esta tecnología trabaja con una videocámara y con algoritmos de procesamiento de imágenes para la detección de la pupila del usuario permitiendo la manipulación del movimiento ocular generando con ello, los patrones visuales que se necesitarán para la firma visual [17].

Seguridad de la información.- Para esta parte del proyecto, se puede decir que la vulnerabilidad del dispositivo estaría presente si no se toma las medidas adecuadas y mantener por lo menos un método de seguridad es esencial para cualquier persona u organización que quiere proteger su información personal. Puede ser cualquier forma de información digital, como documentos, presentaciones, cálculos, patentes, registros de miembros, etc., que se pueden clasificar como confidencial [18].

Smartphone.- Parte importante de esta investigación recae en el smartphone, teléfono inteligente que integra agendas, base de datos de contactos con la posibilidad de sincronizarse fácilmente con equipos de escritorio, correo electrónico que automáticamente es recibido en el dispositivo, navegación en Internet, blocs de notas, sistemas de mensajería corta, sistemas multimedia (video, audio, foto, etc.) e incluso localizadores satelitales (GPS) [19]. Todas estas funcionalidades lo convierten en un dispositivo de almacenamiento de datos, que forma parte del día a día del usuario, convirtiéndolo en un blanco para los robos de información.

Política Screen-Lock.- Este concepto es un factor importante dentro de esta investigación. Se sabe que el smartphone es un dispositivo que puede almacenar datos del usuario y el riesgo que sería en términos de seguridad informática, si esa información es interceptada. Como medida preventiva, los smartphones cuentan con la capacidad de configurar una pantalla de bloqueo para aumentar la seguridad y la privacidad del usuario [18] de modo que al generar este tipo de modelo de seguridad, la integridad de los datos se está viendo

resguardado ante el posible robo o pérdida del dispositivo. Los conceptos ya definidos anteriormente, serán parte del siguiente análisis con el fin de ir orientando y dando un mayor entendimiento a este proyecto de investigación.

Fig. 1.- Sistema eye-tracker donde se muestra la secuencia y posición de las fijaciones.



Con la tecnología jugando un papel importante en el día a día del usuario, investigaciones han generado ideas que podrían involucrar el movimiento y la interacción de la vista con el entorno tecnológico. A diario se puede ver que el usuario mantiene un contacto cercano con un número grande de dispositivos con los que la interacción visual, se ha convertido en un estilo de vida; un individuo se le puede ver interactuando con todo tipo de aparatos ya sea computadoras, tabletas electrónicas, relojes y claro está, los smartphones. El ayer y hoy incluye actividades donde el usuario interactúa más con estos dispositivos. En la figura 1 se ve un ejemplo sobre la necesidad de observar el entorno, y dentro de ese entorno, encontramos los smartphones. La interacción se enfoca ya sea para mandar mensajes, ver las redes sociales, videos, revisar el correo, etcétera, todo esto con el detalle principal que es el enfoque visual hacia el dispositivo. Esta observación sobre la relación entre el dispositivo móvil y la mirada sería un objeto clave; rastrear la mirada cuando el humano interactúa con el smartphone posé una variedad de retos. Además de la pantalla chica, el ángulo generado por la mirada hacia bajo causa que el párpado se cierre, cubriendo potencialmente partes de la pupila, no obstante, tanto el smartphone y la cabeza del usuario son más propensos al movimiento en comparación a los ajustes que un laboratorio

tradicional podría estar usando, como un respaldo para la barbilla y un monitor ajustado afectando potencialmente el mapeo entre la posición de la pupila y el espacio establecido para la calibración [25]. Los sistemas de eye tracking contienen un gran potencial respecto al seguimiento del movimiento ocular durante el monitoreo emocional, su lectura, el reconocimiento de la actividad humana, la percepción publicitaria, la visita a una página web, HCI (Human-Computer Interaction), en los sistemas de asistencia de conducción, la cognición deportiva, los sistemas de detección de fatiga del conductor como se ve en la figura 2, etcétera. También se puede utilizar un sistema de eye tracking para implementar un eye-mouse y utilizarlo como control de señales permitiendo a los usuarios interactuar con sistemas de interfaces directamente sin la necesidad de dispositivos de entrada como el mouse o el teclado. Con una perspectiva de este uso, se puede ofrecer el uso de la computadora para los usuarios con alguna discapacidad o limitante [26]. El uso básico de un sistema de eye tracking como se puede ver en la figura 3, es para registrar y analizar el constante movimiento de los ojos de un usuario mientras está observando una pantalla antes de que se detenga y se enfoque en un área en particular [27].

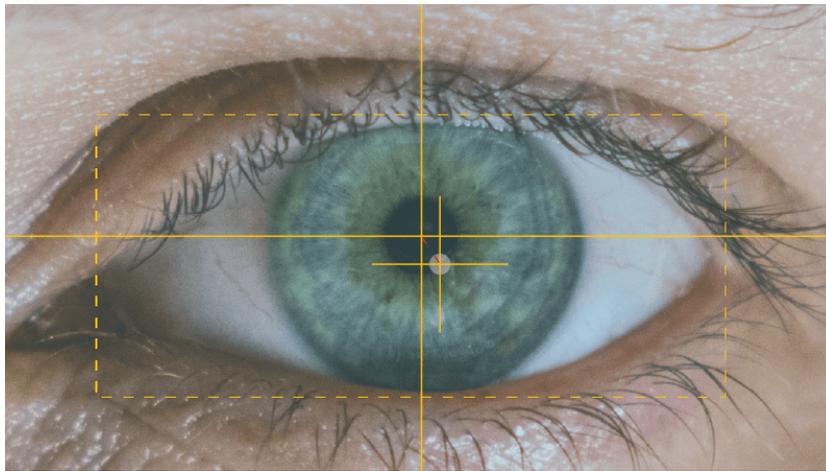
Fig. 2.- El sistema de eye tracking posibilita detectar la fatiga en conductores.



La tecnología de eye tracking, en conjunto con los smartphones, podrían dirigirse a la creación de nuevos mecanismos que permitan nuevos casos donde la evaluación ocular arroje resultados positivos con el aprovechamiento de la integración de las cámaras en los smartphones. La mayoría de los teléfonos móviles tienen una cámara ya integrada como

parte de las necesidades que se han ido dando con el paso del tiempo, incluso varios modelos ya tienen una cámara secundaria integrada en el lado frontal del dispositivo permitiendo con ello la inclusión de video conferencias con mayor facilidad [17]. Mirando en retrospectiva al desarrollo de los dispositivos móviles, se nota que su capacidad de procesador así como la calidad de sus componentes incrementó firmemente. Además, es cuestión de tiempo en lo que la tecnología de eye tracking pueda ser ofrecida junto con estos aparatos dentro del software virtualmente sin un costo extra [17].

Fig. 3.- Referencia al análisis y detección del movimiento ocular.



3. Objetivos (general y específicos)

General

Implementar un algoritmo de autenticación biométrica basada en el comportamiento ocular para el desbloqueo de pantallas de dispositivos móviles.

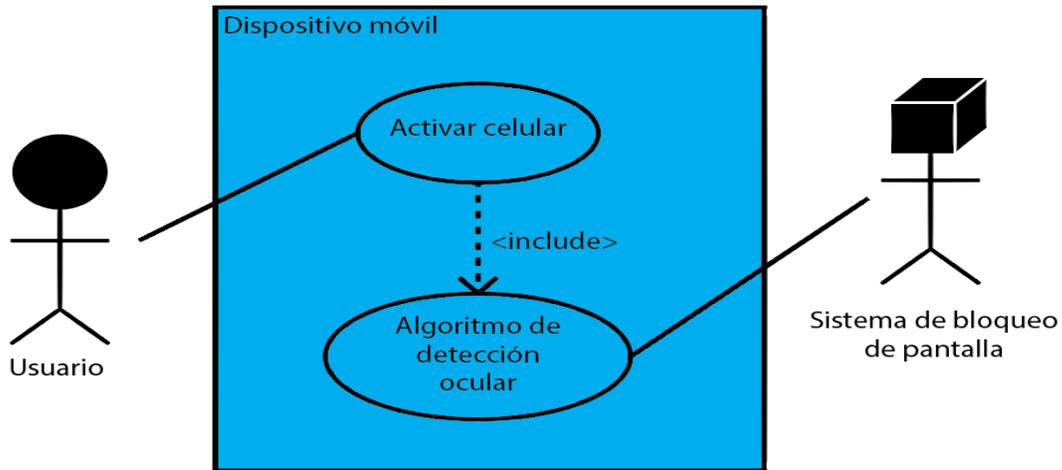
Específicos

- Diseñar el algoritmo adecuado para la detección de la pupila del usuario en tiempo real.
- Seleccionar el método para el desbloqueo a emplearse para la firma ocular.
- Elegir el dispositivo móvil con las características adecuadas para llevar a cabo las pruebas de eye tracking con la cámara integrada.

4. Metodología

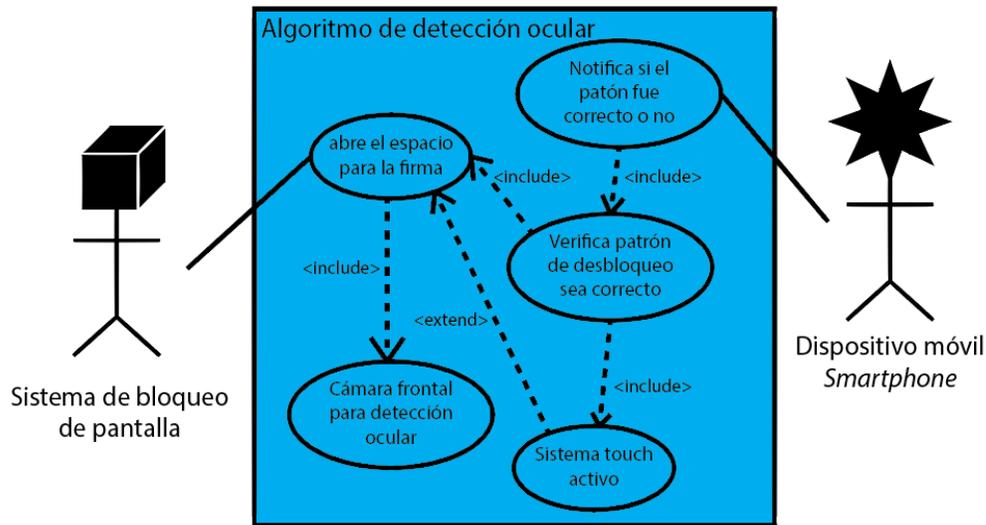
Para la realización de este proyecto se optó por utilizar la metodología en cascada; consisten en una línea secuencial que contempla una serie de fases donde se tomaron acciones específicas cada fase y al término de dichas acciones, se prosigue a realizar las siguientes tareas de la fase que continúa. Todo esto estrictamente respetando cada ciclo en forma secuencial. Este proceso de desarrollo secuencial consta de un conjunto de etapas y se distribuyen una encima de la otra, haciendo la interpretación del flujo en caída como el de una cascada representandolas diferentes fases para el proyecto [3]. En la fase de los requisitos, se recurrió a un análisis de las necesidades para la determinación de las características que el software requiere para su desarrollo, se describe todo lo que el sistema tiene que hacer sin la necesidad de los detalles técnicos. Deben ser requisitos precisos y no debe contemplar ningún tipo de error que implique añadir nuevos requerimientos. En la fase del diseño, se describió cómo fue la estructura interna del software y las relaciones entre las entidades que lo compusieron; en esta fase surge el documento de diseño de software, el cual nos describió la estructura general del sistema y sus especificaciones de sus partes [3]. En la fase de implementación, se programaron los requisitos dados haciendo uso de la estructura diseñada de la fase anterior; La programación es el proceso que llevó la formulación de problema de computación a un espacio para ejecutar los pasos requeridos para la resolución del problema. En la fase de verificación, como indica su nombre, se verificó que los componentes del sistema estén funcionando correctamente y que se estén cumpliendo todos los requisitos solicitados al término de la fase anterior. Por último, en la fase de mantenimiento, se buscó comprobar que esté funcionando de manera correcta en el entorno donde se va a utilizar [3].

Fig. 4.- Diagrama de caso de uso: interacción del usuario y el bloqueo de pantalla.



La figura 4 representa el esquema con un proceso enfocado a la interacción entre el usuario y el sistema de bloqueo de pantalla. Se puede observar en la sección 2 del diagrama que aparece un actor secundario que forma parte de las interacciones con el dispositivo móvil. El usuario activa el dispositivo móvil y el sistema de bloqueo interactúa con el algoritmo que genera el bloqueo de pantalla. La figura 5 muestra el proceso interno del algoritmo de reconocimiento. Este diagrama de caso de uso, muestra cómo se realizó el proceso de reconocimiento donde el sistema de bloqueo de pantalla interactuó con el algoritmo, mientras que el dispositivo móvil, siendo el actor secundario, recibe el acceso concedido mediante el algoritmo de reconocimiento.

Fig. 5.- Diagrama de caso de uso del algoritmo de reconocimiento.



5. Instituciones, organismos o empresas de los sectores social, público o productivo participantes (Si aplica)

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez y la Université de Grenoble-Alpes, Francia.

6. Resultados

Para la evaluación de los resultados, primero se planteó el ejercicio para medir la efectividad del algoritmo, para esto, se seleccionaron un número total de 20 usuarios separándolos en dos ramos, el masculino y el femenino. Dentro de esa división, se realizó una segunda división en la cual 5 hombres y 5 mujeres estarán causando ruido, es decir, buscaban provocar alguna interferencia que ponga a prueba el algoritmo, siendo el caso de aquellos usuarios que utilizan lentes de armazón. Otro aspecto que se consideró para las pruebas del algoritmo, fue el factor de la iluminación, esto a razón del uso de la cámara del dispositivo móvil. Si el usuario no se encuentra en un entorno con iluminación, el algoritmo no reconoce el ambiente y por ello, no se podrá detectar el ojo como tal. Por otro lado, está la iluminación natural, así como la artificial, como posible factor de ruido para el algoritmo, apuntando a la idea de que un exceso de iluminación pudiese provocar una falta de reconocimiento facial. El experimento consistió en la elaboración de un patrón lineal guiado por el movimiento del iris, teniendo como objetivo realizar de manera exitosa el patrón ocular. Se realizó la prueba en espacios donde la iluminación natural estuviera presente, así como la iluminación artificial, corroborando que el tipo de iluminación

podiese ser un factor que perjudique al algoritmo a la hora de realizar las pruebas. Se trabajó la siguiente tabla como modelo para la evaluación de la efectividad el algoritmo:

La Figura 6 muestra el porcentaje que registró el total de usuarios dividido por el uso de los lentes de armazón expuestos a la luz natural. Se pudo observar que los usuarios que no utilizan lentes de armazón no se vieron afectado por la luz natural, mientras que los usuarios con lentes de armazón arrojaron resultados variados.

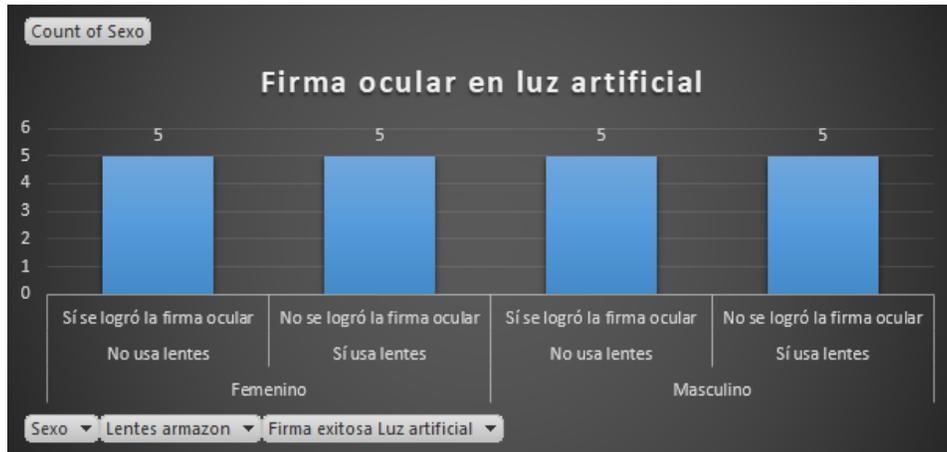
Fig. 6.- Gráfica de tipo pie de la representación en porcentaje del resultado total.



La Figura 7 muestra la sección de la detección ocular con exposición de luz artificial. En esta parte de la experimentación con el algoritmo se notó un patrón repetitivo en ambos esquemas, se consideró que la iluminación artificial es una variable que se puede controlar ya que este tipo de iluminación proviene generalmente de bombillas o lámparas, con una iluminación fija. Esto significó un ajuste rápido al entorno para el beneficio del algoritmo al momento de hacer la detección ocular. Como se puede ver en la gráfica, por parte de los usuarios femeninos así como masculinos que no utilizaron lentes de armazón, se obtuvo una tasa de éxito de las 5 personas (100 %), sin embargo, los usuarios que utilizan lentes de armazón, registraron un fallo total (100 %) en la detección ocular. El resultado total de

la prueba registró una tasa de éxito del 50 % de los usuarios que no usan lentes y una tasa de fallo del 50 % de los usuarios que usan lentes.

Fig. 7.- Gráfica de tipo chart de la detección ocular en luz artificial.



Si bien, se pudo notar un patrón en ciertos procesos que se vieron reflejados en las gráficas; en algunos casos se pudieron observar falsos negativos en cuanto al funcionamiento del algoritmo, esto se refiere a los momentos en que el algoritmo no permitía el acceso a los usuarios, debido a situaciones de iluminación o por el uso de los lentes. Otro detalle que se logró observar fue al momento de realizar la firma ocular, en varios intentos, el algoritmo perdía la detección ocular pausando el movimiento del cursor y en otras ocasiones el movimiento se volvió inestable. Para obtener mayor información respecto a las irregularidades, se aplicó una encuesta a los usuarios donde describieran su experiencia ante la prueba de la firma ocular.

7. Productos generados

1 estudiante del programa de Ingeniería de Software graduados con su proyecto de titulación basado en el proyecto en el que se enmarca este reporte técnico.

2 estudiantes de licenciatura se encuentran en proceso de desarrollo de proyecto de titulación intracurricular.

8. Conclusiones

Los resultados en la experimentación, muestran que la implementación del reconocimiento ocular en un dispositivo móvil. La detección de las pupilas se logró gracias al modelo haar cascade de OpenCV, así como la programación del proyecto en Android Studio, quien permitió con mayor facilidad trasladar el proyecto al dispositivo móvil en forma de una aplicación móvil. Las bibliotecas empleadas del modelo haar cascade permitieron generar la detección ocular por medio de la cámara frontal del dispositivo móvil, ya que contienen el entrenamiento requerido del que mantenían el registro en tiempo real del rostro, ojos y pupilas. Se concluye que el diseño del algoritmo resultó adecuado para aquellos usuarios sin lentes de armazón, aunque no significa que los usuarios con lentes de armazón no puedan aprovechar la tecnología del detector de vista, pues se pueden remover los lentes de armazón del rostro del usuario y así aprovechar la utilidad del algoritmo. Se esperaba que este proceso pudiera llegar al sistema interno del dispositivo móvil y poder aprovecharse como un nuevo modelo de seguridad, no obstante, se puede decir que al ser creado como una aplicación móvil, existe la posibilidad de poder ser puesto como un método más en la sección de seguridad de los dispositivos móviles. El teléfono móvil Huawei Mate 20 Lite, cumplió con los requisitos

Si se pretende trabajar en proyectos que requieran precisamente la detección en tiempo real de la vista, ya sea con fines de salud, seguridad u otra rama, la recomendación inicial sería tomar nota del conocimiento y aplicación de las bibliotecas de OpenCV principalmente el método Haar Cascade y su compatibilidad con Android Studio; conocer las capacidades de Android Studio y lo que puede ofrecer a la hora de programar en él. Además que el hardware de trabajo sea de características sobresalientes respecto al procesador, tarjeta gráfica, memoria, etcétera; en segundo lugar, si se pretende trabajar en un dispositivo móvil real, que éste sea como requisito mínimo de gamma media, teniendo en cuenta la calidad de la cámara frontal, su compatibilidad con OpenCV Manager, un buen procesador y memoria RAM para que no se vea el proyecto en dificultades técnicas.

9. Mecanismos de transferencia. (Si aplica)

10. Contribución e impacto del proyecto

Se trata de un prototipo que podría tener cierto impacto desde el punto de vista tecnológico.

11. Impacto económico, social y/o ambiental en la región

No aplica

12. Referencias (bibliografía)

[1] Universidad de las Américas Puebla., “La evolución del teléfono celular.”, (2011, Enero 25).

[2] OSI., “Blinda tu smartphone: apps de seguridad para tu dispositivo móvil.”, (2020, Abril 15).

[3] P. Domínguez, “En qué consiste el modelo de cascada.”, (2020, Junio 2).

[4] Alam T. Hasan T. Tasnim S. Tanvir S. Hasan, S., “Controlling android device with eyetracking”, (2016).

[5] Dong B. Gao X. Haining W. Liu, D., “Exploiting eye tracking for smartphone authentication.”, (2015, Junio).

[6] Wang A. Ren K. Xu W. Song, C., “Eyeveri: A secure and usable approach for smartphone user authentication”, (2016).

[7] J. Kasprowski, P. Ober, ““eye movements in biometrics.” in european conference on computer vision (eccv).”, (2004, Noviembre).

[8] Kinnunen T. Franti P. Bednarik, A., ““eye-movements as a biometric.” image analysis, vol. 3540.”, (2005).

[9] O. Holland, C. Komogortsev, ““complex eye movement pattern biometrics: The effects of environment and stimulus.” iee transactions on information forensics and security, vol. 8.”, (2013).

[10] C. Komogortsev, O. Holland, ““2d linear oculomotor plant mathematical model: Verification and biometric applications.” acm transactions on applied perception (tap), vol.10.”, (2013).

[11] C. Komogortsev, O. Holland, “Biometric identification via eye movement scan paths in reading.” in international joint conference on biometrics compendium.”, (2011, Noviembre).

- [12] Abdrabou Y. Raptis G. Khamis M. Alt F. Katsini, C., “The role of eye gaze in security and privacy applications: Survey and future hci research directions.”, (2020, Abril).
- [13] Editafacil., “Uso de los dispositivos móviles en el mundo.”, (2015, Octubre 19).
- [14] N. Escobar, “¿qué tan seguros son los sistemas actuales de bloqueo para móviles?”, (2015, Abril 28).
- [15] López F. Florencia R. Quintana, C., “Biometric authentication based on eye movements by using scan-path comparison algorithms.”, (2017).
- [16] V. Hernández, “La vulnerabilidad de nuestra información personal, ¿un mal incurable?”, (2016, Marzo 10).
- [17] De Luca A. Schmidt A. Drewes, H., “Eye-gaze interaction for mobile phones.”, (2007, Septiembre).
- [18] Piazza S. Damian C. Veliz, P., “Estudio y análisis de seguridad en dispositivos móviles. byod y su impacto en las organizaciones.”, (2016, Noviembre).
- [19] L. Zuñiga, “Telefonía celular, desde sus inicios hasta la actualidad.”, (2013, Agosto).
- [20] S. Vitala, “Tecnologías de la información y marketing electrónico. evolución de la tele-fonía móvil. del “ladrillo 1a al smartphone””, (2010, Junio 27).
- [21] Stay Safe Online., “Simple smartphone safety: 6 tips!” , (2017, Marzo 3).
- [22] Educase., “Smartphone security and privacy: What should we teach our users?”, (2017).
- [23] Lookout., “Think like a thief: safeguard your most personal device from loss or theft.”, (2016, Mayo 19).
- [24] Hasan M. Jensen T. Nguyen N. Albayram, Y., ““. . . better to use a lock screen than to worry about saving a few seconds of time: Effect of fear appeal in the context of smartphone locking behavior.””, (2017, Julio 12).
- [25] S. Mueller, “Inferring target locations from gaze data: A smartphone study.”, (2019, Junio 25).
- [26] University of Crete., ““recent and emerging interaction techniques: eye tracking, braincomputer interfaces.””, (2015, Septiembre 9).
- [27] Sharma G. Malhotra S. Jah D. Mittal A. Chandra, S., ““eye tracking bases humancomputer interaction.””, (2015, Diciembre 17).

[28] W. Jackson, “Android apps for absolute beginners. 3ra edición ilustrada. apress.”, (2004).

[29] J. Chen, “Android operating sistem.”, (2020, Febrero 13).

[30] andro4all., “Android studio, guía de iniciación: qué es, cómo descargar e instalar, y 4 cosas que puedes hacer con él.”, (2020, Enero 14).

[31] DevMagazine., “Conoce la herramienta android studio y sus características.”, (2018, Julio 29).

[32] Wang Z. Ping A. Huang, Y., “non-contact gaze tracking with head movement adaptation based on single camera”, (2009).

[33] Error404 unofficial, “How to configure opencv in android studio 4.1 or higher”, (2020, Noviembre 13).

13. Anexos

13.1 Taxonomía de los Roles de Colaborador (con las actividades logradas)

Roles	Definición de los roles	Nombre de él(la) investigador(a)	Figura	Grado de contribución	Actividades logradas durante el proyecto	Tiempo promedio semanal (en horas) dedicado al proyecto
Responsabilidad en la dirección del proyecto, Responsabilidad de supervisión y desarrollo de todas las etapas		Dr. Francisco López Orozco	Director de l proyecto y Supervisor(a) del proyecto.	Principal	Proyecto registrado y financiado . Estancia de investigación llevada a cabo en Universidad participante en el extranjero 2019. Estancia de investigación propuesta para 2022.	20
Responsabilidad de supervisión y Preparación, creación y/o presentación de los		Dr. Jesús Israel Hernández Hernández	Supervisor(a) del proyecto	Principal	Supervisión del desarrollo del proyecto y Revisión del escrito de titulación de estudiante y de la ponencia sometida a congreso.	20

productos o entregables						
Realización y redacción de propuesta		Dr. Vicente García Jiménez		Redactor de la propuesta	Redacción, corrección de la propuesta y documento de titulación intracurricular.	5
Diseño de la metodología		Dr. Rogelio Florencia Juárez		Diseñador de la metodología	Sugerencias de rediseño de la metodología a seguir en la implementación	5
Recopilación /recolección de datos e información		Dr. Julia Patricia Sánchez Solís		Recopilador de datos	Organización para la explotación de los datos crudos obtenidos en el proyecto.	5

13.1.1 Estudiantes participantes en el proyecto

Nombre de estudiante(s)	Matrícula	Tiempo promedio semanal (en horas) dedicado al proyecto	Actividades logradas en la ejecución del proyecto
Isaías Arrieta Arellano	154022	40	Titulación intracurricular del programa de Ingeniería de Software. Trabajó de manera general y conjunta en todas las actividades.

CONSIDERACIONES:

- Los reportes deben estar escritos en español o en inglés.
- Se debe entregar en formato PDF acorde a este formato.
- El texto debe ser escrito en hoja tamaño carta a espacio y medio, y los márgenes deberán encontrarse al menos a una pulgada (2.54 cm). La totalidad del texto debe escribirse en minúsculas, utilizando las mayúsculas sólo al principio de las oraciones y para los títulos de capítulos.

- Se recomienda usar el tipo de letra Arial tamaño 10 o Times New Roman tamaño 12.
- Todas las páginas deben estar numeradas en secuencia comenzando desde la portada.
- La extensión total del texto es de un mínimo de 10 cuartillas y un máximo de 30 cuartillas, con un interlineado de espacio y medio.
- Integrar en la sección de anexos las tablas y gráficas.
- Las figuras, fotografías y tablas, serán insertadas en el cuerpo del texto y numeradas en forma consecutiva comenzando con 1 y de manera independiente de las tablas. El número y descripción de la figura, tabla, etc., deberá colocarse antes de la misma.
- Se recomienda evitar el uso de sombras y líneas punteadas que no permitan una legibilidad clara de imágenes.
- Las fórmulas y ecuaciones deben hacerse con un editor de ecuaciones como el disponible en el procesador de textos Word. Estarán centradas y separadas del texto. La numeración será consecutiva comenzando con el número 1. El número de la fórmula deberá encerrarse entre paréntesis y colocarse a la derecha de la fórmula lo más cercano posible al margen derecho.
- Las referencias bibliográficas en el texto deben ser en cualquier estilo reconocido como APA, MLA, ISO, etc.
- Los anexos se colocarán al final del documento después de la bibliografía, utilizando caracteres alfabéticos para distinguirlos: Anexo A, Anexo B, etc. La información contenida en los anexos es importante pero no indispensable para la comprensión del trabajo. Se recomienda colocar en los anexos mapas, fotografías, tablas, desarrollos matemáticos, diagramas, etc.
- La Taxonomía de los Roles de Colaborador, incluyendo la explicación de su llenado y las actividades a desarrollar, está disponible en los Términos de Referencia de los Proyectos Sin financiamiento, en el numeral 4.4.1 y en la tabla 1. Se debe integrar la tabla correspondiente en el apartado de los anexos y (en este caso sí deberá llevar los nombres de los investigadores propuestos en cada rol).

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

Division Multidisciplinaria en Ciudad Universitaria
Instituto de Ingeniería y Tecnología
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación



IMPLEMENTACIÓN DE UN ALGORITMO DE DETECCIÓN
OCULAR PARA EL DESBLOQUEO DE DISPOSITIVOS
MÓVILES

Reporte Técnico de Investigación presentado por:

Isaías Arrieta Arellano 154022

Requisito para la obtención del título de:

INGENIERO DE SOFTWARE

ASESOR:

Dr. Francisco López Orozco

Ciudad Juárez, Chihuahua, a 31 de Mayo de 2021

Asunto: Liberación de Asesoría

Mtro. Ismael Canales Valdiviezo
Jefe del Departamento de Ingeniería
Eléctrica y Computación
Presente.-

Por medio de la presente me permito comunicarle que, después de haber realizado las asesorías correspondientes al reporte técnico IMPLEMENTACIÓN DE UN ALGORITMO DE DETECCIÓN OCULAR PARA EL DESBLOQUEO DE DISPOSITIVOS MÓVILES, del alumno Isaías Arrieta Arellano, de la Licenciatura en Ingeniería de Software, considero que lo ha concluido satisfactoriamente, por lo que puede continuar con los trámites de titulación intracurricular.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente:



Francisco López Orozco

Profesor Investigador

Ccp:

Mtro. Absalón Uruchurtu Moreno

Isaías Arrieta Arellano

Archivo

Ciudad Juárez, Chihuahua, a 31 de Mayo de 2021

Asunto: Autorización de publicación

C. Isaías Arrieta Arellano

Presente.-

En virtud de que cumple satisfactoriamente los requisitos solicitados, informo a usted que se autoriza la publicación del documento de IMPLEMENTACIÓN DE UN ALGORITMO DE DETECCIÓN OCULAR PARA EL DESBLOQUEO DE DISPOSITIVOS MÓVILES, para presentar los resultados del proyecto de titulación con el propósito de obtener el título de Licenciado en Ingeniería de Software.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

A handwritten signature in black ink, enclosed within a hand-drawn oval. The signature is cursive and appears to read 'Gilberto Rivera Zárate'.

Dr. Gilberto Rivera Zárate

Profesor Titular de Seminario de Titulación II

Declaración de Originalidad

Yo, Isaías Arrieta Arellano, declaro que el material contenido en esta publicación fue elaborado con la revisión de los documentos que se mencionan en el capítulo de Bibliografía, y que la solución obtenida es original y no ha sido copiada de ninguna otra fuente, ni ha sido usada para obtener otro título o reconocimiento en otra institución de educación superior.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Isaías Arrieta Arellano', is positioned above the printed name.

Isaías Arrieta Arellano

Índice general

1. Planteamiento del Problema	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Definición del problema	5
1.3. Objetivo general	7
1.3.1. Objetivos específicos	7
1.4. Justificación	7
1.4.1. Alcances y limitaciones	9
2. Marco teórico	11
2.1. Marco conceptual	11
2.2. Marco teórico	12
2.2.1. El <i>smartphone</i>	12
2.2.2. Seguridad Móvil	14
2.2.3. Bloqueo de pantalla	15
2.2.4. Modelo basado en <i>eye tracker</i>	16
2.3. Marco Tecnológico	20

3. Desarrollo del Proyecto	23
3.1. Producto propuesto	23
3.2. Metodología	25
4. Resultados y Discusiones	56
4.0.1. Irregularidades	67
5. Conclusiones	70
5.1. Recomendaciones para futuras investigaciones	71
A. Elementos Importantes del proyecto	77

Índice de figuras

2.1. Comparativa evolutiva del teléfono celular [1].	13
2.2. Ejemplo de bloqueo de pantalla mediante un patrón lineal [2].	15
2.3. Ejemplo de bloqueo de pantalla mediante un PIN [2].	15
2.4. Sistema <i>eye tracker</i> donde se muestra la secuencia y posición de las fijaciones.	17
2.5. El sistema de <i>eye tracking</i> posibilita detectar la fatiga en conductores.	18
2.6. Referencia al análisis y detección del movimiento ocular.	19
2.7. Imagetipo del sistema operativo Android.	20
2.8. <i>Software</i> Android Studio.	21
2.9. <i>Software</i> Android Studio Emulador oficial de las apps.	22
3.1. Boceto general del concepto del proyecto.	23
3.2. Ejemplo de la firma ocular: referencia al patrón de desbloqueo en movimiento.	24
3.3. Diagrama del proceso de bloqueo y desbloqueo del dispositivo móvil.	25
3.4. Modelo de desarrollo en cascada [3].	26
3.5. Bocetos gráficos de las primeras ideas del proyecto.	30
3.6. Bocetos gráficos de la visualización gráfica del proyecto.	31

3.7. Primeras propuestas e ideas para la realización de diagramas de caso de uso.	32
3.8. Documento de <i>software</i> : Diagrama de Caso de Uso junto a su tabla informativa.	35
3.9. Diagrama de caso de uso: interacción del usuario y el bloqueo de pantalla.	36
3.10. Diagrama de caso de uso del algoritmo de reconocimiento.	37
3.11. Esquema general del <i>dummie</i> del proyecto.	39
3.12. Esquema de la detección visual por la cámara frontal.	40
3.13. Esquema de las rutas de eventos de la firma ocular.	41
3.14. Diagrama de flujo del proceso para la firma ocular.	42
3.15. Dispositivo <i>smartphone</i> Huawei mate 20 Lite.	44
3.16. Imagotipo de OpenCV.	45
3.17. esquema representativo del <i>haar features</i> [4].	47
3.18. Detección del ojo utilizando el esquema <i>haar feature</i> [4].	48
3.19. librería <i>haar cascade</i> de la versión 2.4.6 de OpenCV.	50
3.20. Implementación de OpenCV en Android Studio.	51
3.21. Detección del rostro en el dispositivo móvil.	52
3.22. Detección de los ojos en el dispositivo móvil.	53
3.23. Detección del iris en el dispositivo móvil.	54
3.24. Esquema final del trabajo en el dispositivo móvil.	55
4.1. Gráfica de tipo <i>pivotchart</i> de los usuarios puestos a prueba.	58
4.2. Gráfica de tipo <i>pivotchart</i> de la detección ocular en luz natural.	59
4.3. Gráfica de tipo <i>piechart</i> representación en porcentaje del resultado total.	60

4.4. Gráfica de tipo <i>pivotchart</i> de la detección ocular en luz artificial.	61
4.5. Gráfica de tipo <i>piechart</i> de los porcentajes entre usuarios con lentes y sin lentes.	62
4.6. Gráfica de tipo <i>pivotchart</i> de la firma ocular en luz natural.	63
4.7. Gráfica de tipo <i>piechart</i> representación en porcentaje del resultado total.	64
4.8. Gráfica de tipo <i>pivotchart</i> de la firma ocular en luz artificial.	65
4.9. Gráfica de tipo <i>piechart</i> de los porcentajes entre usuarios con lentes y sin lentes.	66
4.10. Encuesta de experiencia del usuario.	68
A.1. Segmento de código de la implementación del detector de rostro.	77
A.2. Segmento de código de la implementación del detector del ojo derecho.	78
A.3. Segmento de código de la implementación del detector del ojo izquierdo.	78
A.4. Segmento de código donde se cargan las bibliotecas y la cámara frontal.	79
A.5. Documento de requisitos de <i>software</i> introducción.	80
A.6. Documento de requisitos de <i>software</i> Clasificación de usuarios parte 1.	81
A.7. Documento de requisitos de <i>software</i> Clasificación de usuarios parte 2.	82
A.8. Encuesta de experiencia de usuario.	83
A.9. Encuesta de experiencia de usuario.	84

Índice de tablas

- 3.1. Elementos del documento de *software* para el control del proyecto 33
- 3.2. Evaluación de los usuarios para las pruebas del algoritmo 34
- 3.3. Requisitos Funcionales 38

- 4.1. Registro de las pruebas de efectividad del algoritmo 57

Resumen

El presente documento reporta la implementación de un algoritmo de detección ocular para el desbloqueo de dispositivos móviles. Este proyecto pretende fomentar la idea del uso del *eye tracker* como modelo preventivo ante la exposición o ataque contra la privacidad del usuario. La importancia en la actualidad sobre el dispositivo móvil ha incrementado a razón del uso cotidiano de este aparato de comunicación, que tomarlo a la ligera y con las vulnerabilidades actuales, se necesita tener conciencia acerca de la protección de datos, aquí se presentan elementos que constituyen la evolución de la rama telefónica y su relación con la seguridad, en donde se hace la propuesta de este algoritmo para ofrecer una nueva posibilidad en la seguridad móvil.

Palabras clave: *Eye tracker*, OpenCV, *haar-cascade*, Dispositivo móvil, AndroidOS, Seguridad móvil