

Aplicación móvil para la detección de somnolencia de un conductor aplicando visión artificial

Yeferson Torres^{a1}, Mario Palma^{b 2}

^a Carrera de Ingeniería en Sistemas, Universidad Nacional de Loja, Av Reinaldo Espinoza, Loja Ecuador
ymtorresb@unl.edu.ec

^b Carrera de Ingeniería en Sistemas, Universidad Nacional de Loja, Av Reinaldo Espinoza, Loja Ecuador
mapalma@unl.edu.ec

Resumen. El presente trabajo se fundamenta en el desarrollo de una aplicación móvil para la detección de somnolencia de un conductor usando visión artificial, la misma que es nativa para el sistema operativo Android, El proceso de detección de somnolencia consta de tres fases primero la detección del rostro del conductor, luego detectar los ojos y finalmente obtener el estado del conductor mediante la ayuda del porcentaje de tiempo que permanecen cerrados los ojos (PERCLOS,) se utilizó la librería de visión artificial OPENCV.

Palabras Clave: Visión Artificial, Android, Somnolencia, ViolaJones, OpenCv, PERCLOS..

1 Introducción

La inteligencia artificial, presenta muchas ramas que pueden servir de mucha ayuda en el cotidiano vivir del ser humano una de ellas es la visión artificial, que en los últimos años ha sido usada en algunos trabajos para detectar la somnolencia y fatiga en conductores usando diferentes técnicas.

La somnolencia es la causa de muchos accidentes de tránsito en todo el mundo en Norteamérica el 55% de los accidentes son causados por conductores somnolientos menores de 25 años de edad [1], en Ecuador el escenario no es distinto según datos de la Agencia Nacional de Tránsito hasta Agosto del 2015 sucedieron 560 accidentes por somnolencia o malas condiciones físicas (Sueño, cansancio y fatiga) del conductor [2].

Se ha demostrado que el PERCLOS, son las siglas de Percentage of the Time Eyelids are Closed es el método más adecuado para la detección de somnolencia basada en el análisis de ojos [3], muchos sistemas de visión artificial detectan somnolencia en un conductor, pero en el campo móvil (usando un teléfono inteligente) las investigaciones son pocas.

La aplicación es orientada a conductores de vehículos sean profesionales o no pero con especial énfasis en el transporte público donde es más probable que un conductor debido a las horas laboradas, presente somnolencia.

¹ Yeferson Mauricio Torres Berrú

² Mario Andrés Palma Jaramillo

2 Documento de Principal

2.1 Materiales y métodos

La metodología usada para el desarrollo móvil es, MOBILE-D el objetivo de está, es conseguir ciclos de desarrollo muy rápidos en equipos muy pequeños; esto debido al tiempo y que fue desarrollado solamente por una persona. Se compone de distintas fases: exploración, inicialización, fase de producto, fase de estabilización y la fase de prueba.

2.1.1 Opencv

La librería OpenCv está dirigida fundamentalmente a la visión por computador en tiempo real, es multiplataforma y software libre [3] actualmente usada en muchos proyectos de visión artificial, usa clasificadores previamente entrenados que ayudan al reconocimiento de objetos.

2.1.2 Android

Descartando el desarrollo en una aplicación híbrida, debido a que no se puede integrar una herramienta de visión artificial con este tipo de aplicaciones se eligió el sistema operativo Android, prevaleciendo entre otras cosas a que es software libre, su curva de aprendizaje es baja y es el más usado en el mercado.

2.1.3 Perclos

Se ha establece el criterio de somnolencia en los ojos; cuando el porcentaje de estar cerrado es mayor a 80%. La métrica resultante es la proporción de tiempo en que los ojos se encontrarán con criterio de cierre de 80% a más. [4]

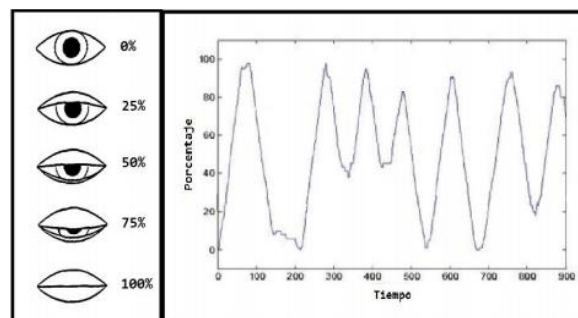


Fig. 1. Variables del Perclos

$$PERCLOS = \frac{TIEMPO DE OJOS CERRADOS * 100}{TIEMPO BASE DE CÁLCULO}$$

La librería de OpenCV para detectar el rostro, utiliza el algoritmo ViolaJones [5]; implementado en Clasificadores Haar [6] se basa en características rectangulares simples, conocidas como características Haar, para una rápida detección de características se introduce el concepto de Imagen Integral. Método de aprendizaje AdaBoost. Clasificador en cascada para combinar eficientemente las características AdaBoost.

2.1.4 Entrenamiento de clasificadores

El reconocimiento de imágenes en OpenCv se basa en clasificadores, para la aplicación se usaron clasificadores Haar y para ello se siguió los siguientes pasos.

- **Adquisición de Imágenes** Se requiere adquirir dos tipos de imágenes positivas y negativas, las positivas son imágenes donde está presente el objeto en distintos ángulos, niveles de iluminación, etc. a detectar
- **Imágenes Positivas** Para estas imágenes también debe generarse un archivo (positivas.txt), en este archivo se especifica donde se encuentra el objeto dentro de la imagen positiva
- **Imágenes Negativas** Las imágenes negativas son cualquier grupo de imágenes en las cuales no aparece el objeto
- **Crear una muestra** Se genera un índice de imágenes positivas y negativas
- **Entrenamiento** Para esta etapa se usó, el archivo índice generado con las imágenes negativas y el archivo de muestras generado en la etapa anterior y arrojando como resultado un clasificador.

2.2 Resultados

2.2.1 Cálculo del Índice de Somnolencia.

Para el cálculo del índice de somnolencia se probaron dos métodos los cuales se detallan junto con sus resultados (Ver Tabla 1).

Tabla1. Análisis de los métodos del cálculo del índice de somnolencia.

FACTOR	PERCLOS	HORN Y DONG
TEORIA	Indica que al sobrepasar un determinado umbral, detecta síntomas de somnolencia para la aplicación el umbral es 80%	Implica que si durante cinco fotogramas consecutivos se detecta que los ojos están cerrados se emite una alarma de alerta ante un posible estado de adormecimiento.
NUMERO DE PRUEBAS	50	50
DETECCIONES	45 (90%)	40 (80%)
FALSOS POSITIVOS	2 (4%)	6 (12%)
FALSOS NEGATIVOS	3 (6%)	4 (8%)

Para analizar los resultados tendremos en cuenta la somnolencia detectada correctamente, la que no se ha detectado de ninguna manera (falsos negativos) y que detecciones no corresponden con la somnolencia (falsos positivos). Debido a esto se decidió usar el método de PERCLOS debido a que el número de detecciones es mayor reduciendo de esta manera los falsos positivos y negativos.

2.2.2 Requerimientos

- Detectar Somnolencia en un conductor utilizando Cámara del Teléfono y emitir alerta de emergencia.
- Permitir al Usuario elegir una alerta de emergencia.

En la figura 2. se detalla el proceso seguido por la aplicación para la detección de somnolencia.

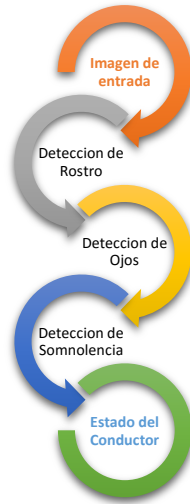


Fig. 2. Variables del Perclos

El flujo del funcionamiento de la aplicación se los definará a continuación:

- Imagen de entrada: Se la obtendrá de la cámara del celular.
- Detector del rostro: encargado de detectar la posición del rostro del conductor dentro de la imagen.
- Detector de los ojos: localiza la posición de los ojos en la imagen
- Estado del conducto: analizar el estado de los ojos y generar el índice de somnolencia.

2.2.3 Limitaciones

- La aplicación móvil solo podrá ser ejecutada en la plataforma Android.
- Versión de Android 4.0 en adelante.

2.2.4 Supuestos y dependencias

- Los usuarios tienen conocimiento básico en el manejo de Android.
- Las condiciones de luz en el ambiente son las adecuadas.
- El usuario tendrá que despejar el área de sus ojos, sin lentes, gafas o cualquier otra cosa que dificulte el reconocimiento de los ojos
- El usuario coloca su teléfono en una posición adecuada dentro del vehículo (Ver Figura 3).



Fig. 3. Colocación de dispositivo en vehículo

2.2.5 Codificación

Se detallará las principales funcionalidades del código de la aplicación que cuenta con un paquete denominado org.opencv.somnolencia.

Clases

- SplashScreenActivity Esta Clase nos muestra una pantalla de Bienvenida y después de unos segundos pasa a la pantalla principal de la aplicación.
- SomnolenciaActivity Clase donde se realiza la detección de la somnolencia
- AlertActivity Es mostrada una vez que se detecta somnolencia y emite un sonido para ayuda del usuario

Métodos

- onManagerConnected Método provisto por OpenCv que verifica si OpenCv manager está instalado en el teléfono.
- mLoaderCallback Se cargan los archivos XML previamente entrenados en OpenCv para usarlos en nuestra aplicación en este caso se ha usado:
 - haarcascade_frontalface.xml Archivo que nos permite detectar un rostro.
 - haarcascade_eye_tree_eyeglasses.xml Archivo para la detección de ojos.
- onCreate Método ejecutado al iniciar la actividad aquí asignamos el layout para nuestro activity, además de iniciar la cámara del dispositivo.
- onCameraFrame Obtenemos la entrada de la cámara y lo asignamos a una matriz, obtenemos la parte del rostro y la enviamos al método detectar Somnolencia
- detectarSomnolencia En base a la matriz con el índice de Perclos que se obtiene sacando los frames por segundo de la cámara y viendo en cuántos de

ellos los ojos están cerrados utilizando el clasificador, promediándolas y si el índice de Perclos es mayor al 80% se emite un alerta de somnolencia.

- onChangeCam Se cambia la cámara del teléfono para la detección ya sea delantera o posterior.
- sonarAudio Reproduce un audio utilizando todo el volumen del dispositivo.
- pararAudio Detiene la reproducción del Audio.
- onTouchEvent Llama al método de detener el audio y nos regresa a la actividad de detección de somnolencia.

2.2.6 Funcionamiento

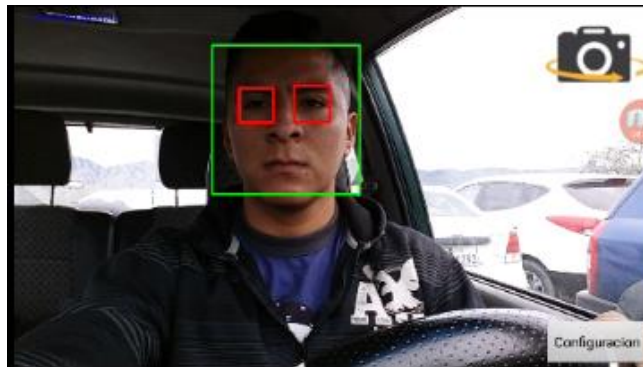


Fig. 4. Estado normal del conductor

En la figura 4 se puede apreciar la detección del rostro y posteriormente de los ojos por parte de la aplicación, en ella se observa se los ojos abiertos por parte del conductor

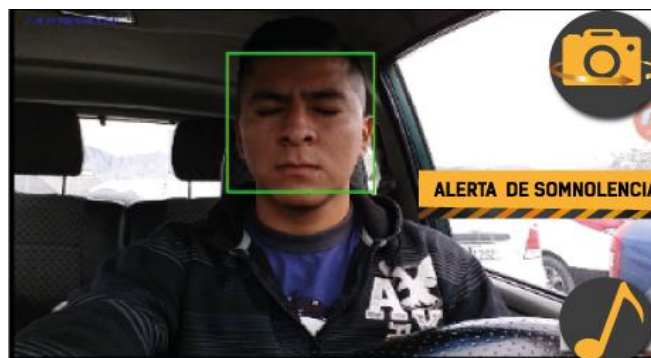


Fig. 5. Estado somnolencia del conductor

En la figura 5 se puede observar la detección de somnolencia del conductor realizada por la aplicación basándose en el índice de PERCLOS.

2.2.7 Pruebas

Para las pruebas realizar de varios como detallamos:

Compatibilidad: se usó la plataforma web apkudo (Ver figura 6); que proporciona una solución robusta, que permite conocer de forma acertada en que plataformas de Android se ejecutaran de manera adecuada la aplicación.

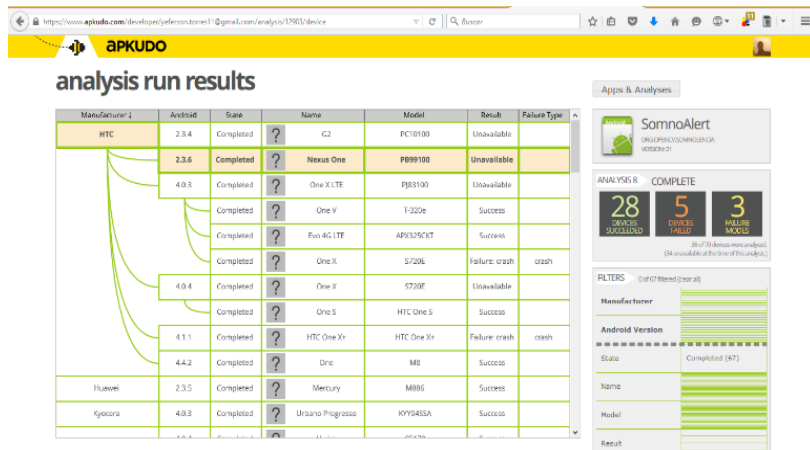


Fig. 6. Estado somnolencia del conductor

Como podemos observar la figura 6. la aplicación se ejecuta en 28 de los dispositivos, en 5 no pudo ser ejecutada y en 3 se ejecutó con errores, esto debido a que la versión mínima para la ejecución de la aplicación es Android 4.0.

Validación: Se diseñó la prueba de acuerdo a la tabla 2. detallada a continuación

Tabla 2. Items de valoración de validación de usuarios.

Alcance	Aplicación móvil para la detección de somnolencia de un conductor aplicando visión artificial
Ítems a probar	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio de sonido • Detección de somnolencia
Estrategia	Manejo de la aplicación por parte de los usuarios. Obtener información a partir de las encuestas realizadas
Recursos	Smartphone Computador

Se realizaron pruebas en el Consorcio de Transportistas Ciudad de Loja en distintas condiciones de luminosidad el resultado de las mismas es el siguiente.

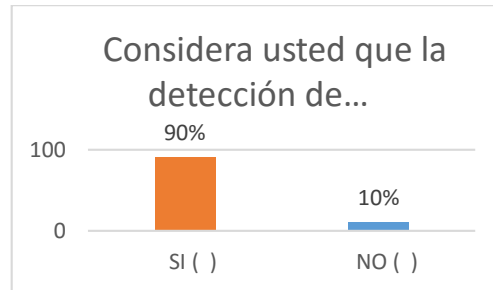


Fig. 7. Resultado de la primera pregunta

Se puede observar la figura 7 que el 90% de usuarios considera que la detección de somnolencia es oportuna debido a que la aplicación respondió correctamente y en el caso del 10% que manifestó lo contrario es debido a que las condiciones de luminosidad no eran las adecuadas.

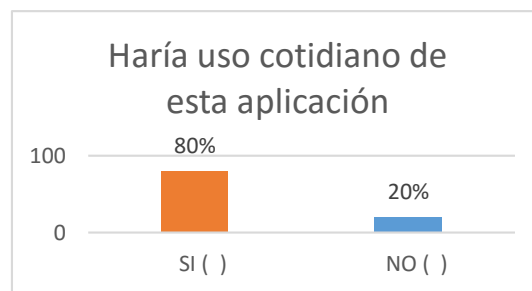


Fig. 8. Resultado de la segunda pregunta

Se puede observar la figura 8. que el 80% haría uso cotidiano de la aplicación el 20% manifestó que no la usaría cotidianamente en especial por que no cuentan con un dispositivo móvil.

2.2.8 Discusión de los Objetivos

Para llevar a cabo la realización del presente proyecto se evaluaron cada uno de los objetivos específicos planteados, indicando la forma en la que se fueron cumpliendo. Los cuales se detallan a continuación:

- Analizar técnicas, herramientas y casos de éxito de visión artificial para la detección de somnolencia en un conductor.

Para cumplir el objetivo planteado, se visitó varias páginas webs de universidades, bibliotecas virtuales, repositorios digitales con el fin de encontrar las mejores

herramientas y técnicas de visión artificial, también se evaluaron cada una de ellas de acuerdo a los requerimientos del proyecto; también se revisó casos de éxito con el objetivo de ver hasta donde ha llegado la investigación de los autores, que herramientas usaron, cuáles fueron sus limitaciones.

- Desarrollar e implementar la aplicación móvil en Android basada en visión artificial para la detección de somnolencia del conductor.

Se obtuvieron los clasificadores de OPENCV mediante el entrenamiento de imágenes positivas, el desarrollo de la aplicación se realizó en el IDE Android Studio, siguiendo los pasos de la Metodología de Desarrollo Mobile-D y aplicando cada una de las fases de la misma, se basó en índice de PERCLOS para la detección de la somnolencia.

- Aplicar pruebas de funcionalidad y factibilidad al prototipo desarrollado de la aplicación móvil Android

Para ello se realizó un plan de pruebas detallando los aspectos a evaluar como las plataformas Android en las que se ejecuta la aplicación, pruebas unitarias además pruebas con los usuarios finales de la aplicación una vez ejecutado el plan de pruebas, los resultados sirven para determinar el margen de error de la aplicación y corregir defectos en el proceso.

2.2.9 Conclusiones

- La elección del PERCLOS (Porcentaje de tiempo que los ojos de una persona están cerrados) (90% de eficiencia) frente a otros métodos de obtención del índice de somnolencia HORN Y DONG (80% de eficiencia) permitió obtener un método robusto y eficiente para la detección de somnolencia.
- Se desarrolló una aplicación nativa Android ya que de esta manera se podía acceder directamente a los recursos de bajo nivel del dispositivo móvil a través del NDK en tiempo real; además permitió incluir la librería como recurso de la aplicación por lo que no es necesario tener OpenCv previamente instalado para usar la aplicación.
- El uso de la librería OpenCv y clasificadores ayudo dar flexibilidad a la aplicación es decir se puede adaptar a cualquier plataforma, además permitió obtener un margen de error del 10%.
- La aplicación propuesta es un método de detección de somnolencia económico, fácil de usar para el usuario final y adaptable a cualquier vehículo o conductor.

3 Referencias

- [1] NHTSA, «National highway traffic safety administration,» 2004. [En línea]. Available: <http://www.nhtsa.dot.gov/>. [Último acceso: 02 07 2015].
- [2] Agencia Nacional de Transito, «ANT Estadísticas,» [En línea]. Available: <http://www.ant.gob.ec/index.php/noticias/estadisticas>.
- [3] NHTSA, «Evaluation of techniques for ocular measurement as an index of fatigue and the basis for alertness management.,» Final Report DOT HS 808 762.
- [4] E. “ p. todos”, «OpenCv,» Mayo 2014. [En línea]. Available: Disponible en: <http://www.ecured.cu/index.php/OpenCV>.
- [5] J. C. G. C. Luis, «Sistema detector de somnolencia en secuencias de video de conductores manejando usando visión computacional,» 2014. [En línea].
- [6] J. M. Viola Paul, « Robust Real Time Object Detection,» International Journal of Computer Vision, 2001.
- [7] E. ., V. Rainer Lienhart, «Empirical Analysis of Detection Cascades of Boosted Classifiers for Rapid Object Detection.,» In DAGM 25th Pattern Recognition Symposium., 2003.