

CONTROL Y MONITOREO DE SOMNOLENCIA MEDIANTE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA CONDUCTORES DE TRANSPORTE PESADO

CONTROL AND MONITORING OF SLEEPINESS THROUGH ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR HEAVY TRANSPORT DRIVERS

MIRANDA PAREDES L. D., ARANCIBIA RIVERA, D.

RESUMEN

Llevar a cabo la detección de la somnolencia durante la conducción han sido descritas como causantes de accidentes de tránsito dejando alta siniestralidad en término de pasajeros muertos, heridos y pérdidas materiales. Las condiciones que hacen sospechar que un accidente de tránsito fue provocado por la somnolencia son: el transporte pesado sale inadvertidamente de la vía o invade carril contrario y por último el conductor no deja huellas de haber intentado una maniobra evasiva para evitar el accidente. Se desarrolló de un prototipo de sistema de control del estado de somnolencia en conductores de transporte pesado, que utiliza la machine learning en base al método de *Haar cascade* (Aprendizaje automático). El sistema se desarrolló utilizando *Open CV* y el lenguaje de programación en *Python* para la detección de ojos abiertos o cerrados, mediante técnicas de *Haar cascade*, y las redes neuronales artificiales que ayudan a entrenar en eventos de ojos abiertos, cerrados, etc. sistema de alarma está constituido por un parlante de 5 V, que recibe la orden del microcontrolador que a su vez la recibe desde el software de implementación de *Haar cascade* y de una red neuronal.

PALABRAS CLAVE

Detección de la somnolencia,
Somnolencia durante la conducción,
Sistema de control,
Haar cascade.

ABSTRACT

Carrying out the detection of drowsiness while driving has been described as a cause of traffic accidents, leaving a high accident rate in terms of dead and injured passengers and property losses. The conditions that make one suspect that a traffic accident was caused by drowsiness are: the heavy transport inadvertently leaves the road or invades the opposite lane and finally the driver leaves no trace of having attempted an evasive maneuver to avoid the accident. A prototype control system for the state of drowsiness in heavy transport drivers was developed, which uses machine learning based on the *Haar cascade* method (automatic learning). The system was developed using *Open CV* and the programming language in *Python* for the detection of open or closed eyes, using *Haar cascade* techniques, and artificial neural networks that help to train in events of open, closed eyes, etc. The alarm system consists of a 5 V speaker, which receives the order from the microcontroller, which in turn receives it from the *Haar cascade* implementation software and a neural network.

KEYWORDS

Drowsiness detection,
Drowsiness while driving,
Control system,
Haar cascade.

Software

La tarjeta de desarrollo Raspberry Pi 3B no viene con un sistema operativo instalado desde fábrica, por lo que fue necesario visitar el portal web de este dispositivo, descargar el sistema operativo Raspbian desde la sección de soporte del sistema operativo y realizar la clonación de la imagen en una tarjeta de memoria microSD de almacenamiento mínimo de 8 GB o superior y clase 6. Por la velocidad de escritura, lectura y necesidad de capacidad para la instalación de paquetes que necesita el dispositivo, se utilizó una tarjeta de memoria microSD de características especiales descritas a continuación:

- micro SDHC
- Marca SONY
- Almacenamiento 32 Gb
- Clase 10
- Velocidad 70MB/s

Para su montaje en la tarjeta de memoria micro SDHC se utilizó la aplicación de código abierto Win32DiskImager que graba imágenes de CD o DVD en la memoria USB o microSD.

Solo fue necesario insertar la tarjeta de memoria en la ranura microSD de la tarjeta de desarrollo Raspberry Pi 3B y conectarla a su fuente de alimentación. El entorno gráfico Linux es amigable hacia el usuario y viene por defecto con varias aplicaciones como un navegador web y Libre Office. Para el desarrollo del dispositivo se utilizaron las plataformas Python 2 y Python 3.

Amplificador de audio para el módulo de alerta

Para el diseño del amplificador de baja potencia se reemplazaron las resistencias de 10 K ohm de la entrada por dos potenciómetros del mismo valor nominal, esto para poder regular la amplitud de la onda en la entrada (volumen). También se aumentó el valor del capacitor de filtro de alimentación del CI de 10 uF a 470 uF para reducir el ruido de la fuente de poder.

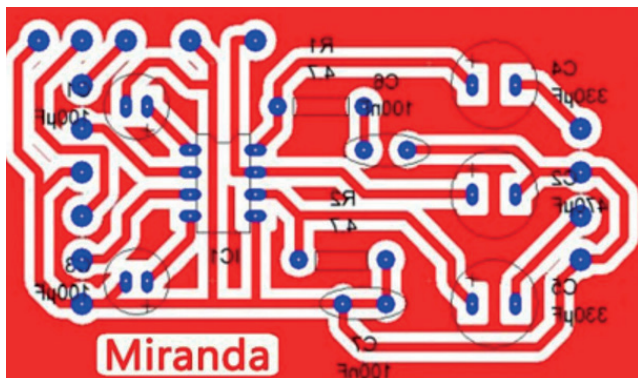


Figura 3. Diseño de placa PCB

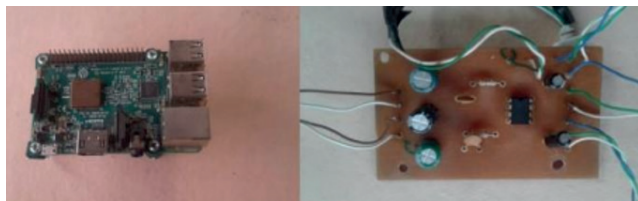


Figura 4. Componentes utilizados en el prototipo

Instalación de la librería open CV

Se instaló la librería de visión computacional que realiza el análisis de las imágenes Open CV. La librería Open Source no requiere pago de licencia y es soportada en los sistemas operativos Windows y Linux y lenguajes de alto nivel como C++ y Python.

Diseño del sistema de control de somnolencia mediante la inteligencia artificial.

Se determinó un flujograma de detección del estado somnoliento.

Se trabajó con pycharm en lenguaje Python que permitió ensamblar el módulo con sus clases, funciones y argumentos que son análogos a los usados en OpenCV. Como primer paso se adquirió una imagen de buena calidad del entorno en el que se encuentra el usuario (conductor) para lo cual se utilizó un estudio del ensamblado del prototipo específico para las dimensiones de la cámara. Como la luminosidad es importante porque disminuye por la noche exponencialmente, pudiendo provocar fallas en tiempo real al detectar los ojos del conductor dentro del vehículo y perder su utilidad, se realizó un diagrama de flujo respecto a la detección de cara y ojos, principalmente al iris y pupila del ojo, como se puede ver en la figura 5.

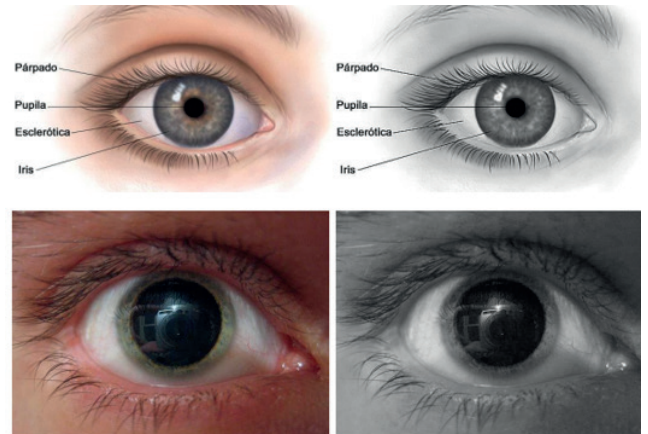


Figura 5. Ojos normales vs dilatados

De acuerdo a la detección facial del conductor, se realizó una transformación de color a escala de grises para así poder detectar los puntos significativos del ojo al momento de parpadear o cerrar los ojos. En la siguiente figura se presenta el diagrama general del programa para la detección de las partes faciales del conductor.

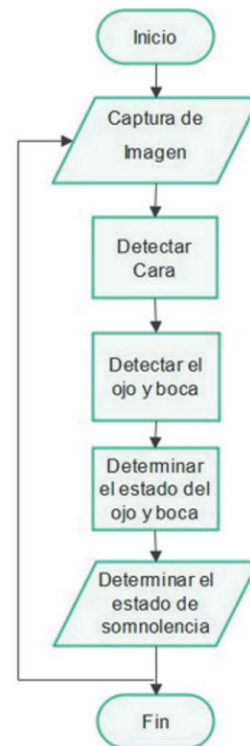


Figura 6. Diagrama de bloques general de detección de cara y ojos

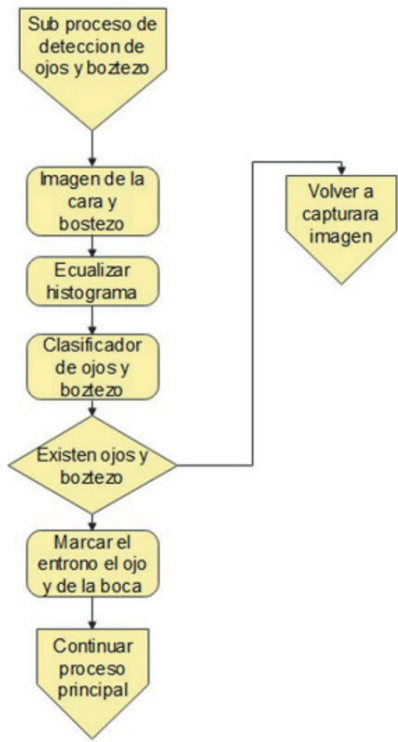


Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de detección de cara

La detección de los ojos requiere una captura de la cara, que debe ser ecualizada para la detección de los ojos. Este subproceso se llevó a cabo de acuerdo al diagrama de flujo.

Construcción del prototipo del sistema de control y monitoreo.

En el diagrama funcional se muestra el funcionamiento general del dispositivo, donde la parte más importante es el proceso de detección del rostro del conductor y, por ende, consume muchos recursos del computador.

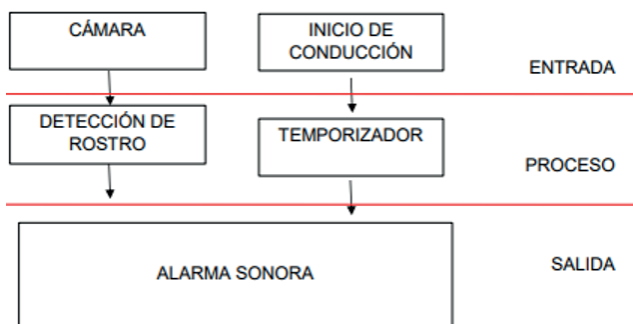


Figura 8. Diagrama funcional del proyecto

Para el diseño del dispositivo se tomaron en cuenta la posición y movimiento de la cabeza respecto a la posición del dispositivo de monitoreo, que monitorea que el conductor no quite la vista del horizonte. Para este proceso es necesario utilizar una cámara posicionada estratégicamente para capturar las imágenes frontales de los conductores cuando estén manejando.

A estas imágenes se le aplica el clasificador en cascada de Viola & Jones para detectar el rostro del conductor. Luego se obtuvo la región de interés, es decir, los ojos del rostro detectado. Con esta última región se obtuvieron los vectores característicos

mediante el descriptor HOG usando los mismos parámetros de la fase de aprendizaje automático.

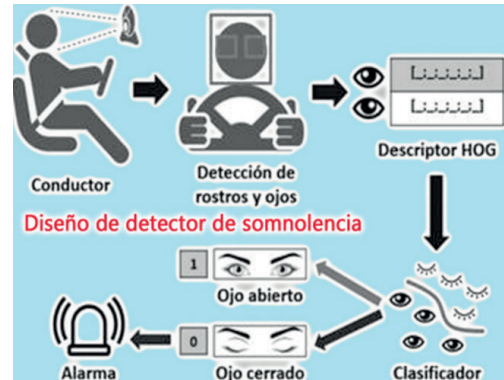


Figura 9. Diseño de detector de somnolencia

Después de obtener los datos correspondientes al estado del conductor, se realizó un análisis de la arquitectura del transporte pesado en la que se implementará el detector de somnolencia. El prototipo se instaló en un ángulo de 45° respecto a los ojos, para poder detectar el área y la dirección de los ojos y poder contar los pestañeos que da el conductor.

Otro punto fue la colocación de la alarma para salir del estado de somnolencia. Se propuso colocarla en medio del sillón del conductor, por lo que el amplificador es de baja potencia y está configurado con una frecuencia alta de unos 433 Hz. En la figura 10 se muestra el diseño.

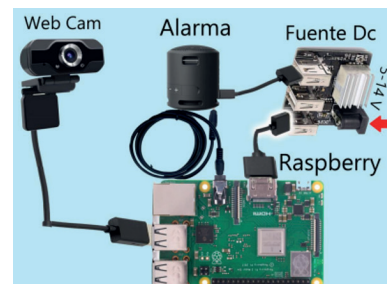


Figura 10. Propuesta de Solución

Prueba con el prototipo dentro del transporte para comprobar su correcto funcionamiento.

Se realizaron pruebas de detección de los ojos y su parpadeo y de bostezo. Primero se tomó una captura de la cara, luego de los ojos si están abiertos o cerrados, y del bostezo que acompaña al estado somnoliento.

Los resultados de pruebas de detección facial, detección de rostro y ojos durante el día se muestra en Tabla 3. En este cuadro se detallan las tres pruebas realizadas durante el día con sus respectivos fallos y aciertos.

Tabla 3. Resultados de detección facial de día

	Fallos	% Aciertos	Fallos	% Aciertos	Fallos	% Aciertos
P1	17	98,71	19	98,59	11	98,64
P2	7	98,90	12	97,95	18	98,30
P3	13	98,15	14	97,77	19	97,59
TOTAL	37	98,58	45	98,10	48	98,17

La detección de rostro y ojos durante la noche se muestra en el Tabla 4. En este cuadro se detallan las pruebas realizadas durante la noche con sus respectivos números de frames en las

que se ha determinado el porcentaje de aciertos totales.

Tabla 4 Resultados de detección facial de noche

Pruebas	N° frames	Detección de Rostro		Detección de Ojo izquierdo		Detección de Ojo derecho	
		Fallos	% Aciertos	Fallos	% Aciertos	Fallos	% Aciertos
P1	45	2	97	2	96	2	97
P2	25	1	96	1	96	1	96
P3	30	1	97	1	97	1	97
TOTAL	100	152	96,66	181	96,33	183	96,66

CONCLUSIONES

Se analizaron las variables que miden el estado de somnolencia del conductor mediante el método de Haar Cascade.

La detección del parpadeo o pestañeo prolongado es síntoma de somnolencia en una persona, sin embargo, de acuerdo a la tabla de muestreo, se puede deducir que clasificar los ojos como “abiertos” o “cerrados” es posible solamente cuando se tiene una apertura de párpados amplia. Se obtienen buenos resultados cuando se implica el bostezo y se tiene un bajo porcentaje de falsos detectados de cerca al 2,3 % de día y 3,4% de noche.

Se utiliza el algoritmo de detección de objetos de Haar Cascade para ubicar el rostro del conductor en la imagen, posteriormente se establecen regiones de interés para buscar ojos abiertos, derecho e izquierdo, detección de ambos lados mediante la detección de objetos y con esta información calcular el índice de la hora donde se muestra la somnolencia en el conductor.

Según el resultado es a partir de las 23 horas en horario nocturno.

Se implementó un mecanismo para alertar la ocurrencia de sueño en el volante mediante una alarma sonora, vinculado con un microcontrolador Raspberry Pi 3B interconectado al asiento del conductor, generando alarma audible por medio de un parlante.

Se ha demostrado que el sistema implementado detecta el estado de somnolencia para evitar la ocurrencia de accidentes de tránsito, obteniéndose una precisión casi perfecta.

REFERENCIAS

- CALLA MARÍN M. A., PACHECO CABEZAS P. Diseño de un dispositivo de monitoreo, alerta de somnolencia y fatiga del conductor <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/18762/pg2120.pdf?sequence=1&isallowed=y>
- MALDONADO TARIFA J. L. Análisis y evaluación del estado actual de la seguridad vial en bolivia <https://www.umsa.bo/documents/1745551/1817265/an%c3%81lisis+y+evaluacion+del+estado+actual+de+la-itvc.pdf/fbc9b72e-dffb-0f0e-0adb-c880cfe3ded1>
- ROSALES MAYOR EDMUNDO, CASTRO MUJICA JORGE REY. Somnolencia: que es, que la causa y como se mide http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1728-59172010000200010
- REY DE CASTRO J, GALLO J, LOUREIRO H. Cansancio y somnolencia en conductores de ómnibus y accidentes de carretera en el Perú: estudio cuantitativo.
- ROSALES E, EGOAVIL M, DURAND I, MONTES N, FLORES R, RIVERA S, et al. Accidentes de carretera y su relación con cansancio y somnolencia en conductores de ómnibus Rev panam salud publica. 2004; 16(1): 11-18. 103
- CAMPO C., GARCÍA RUBIO C. (2011). Arquitecturas y tecnologías inalámbricas. Recuperado de <http://ocw.uc3m.es/ingenieriatelematica/aplicaciones-moviles/materialde-clase-2/inalambrico>

CITA

