

Sistema difuso de alerta de sueño al volante utilizando algoritmo de Viola Jones

Mendieta Zárate, Hugo Enrique; Fornerón Acosta, Juan Pablo;
Almeida Delgado, Carlos Domingo
h0.mendieta@gmail.com; jpforneron@gmail.com;
carlosdad@gmail.com
Facultad Politécnica
Universidad Nacional del Este

Resumen

El uso de sistemas de monitoreo que notifican el nivel de atención del conductor se constituye en una herramienta importante en la prevención de accidentes relacionados al estado de vigilia. El presente trabajo integra el enfoque de visión por computador, la Raspberry Pi, los componentes electrónicos necesarios, en conjunto con la inteligencia artificial y el reconocimiento de patrones, para implementar una solución no intrusiva para detección del nivel de somnolencia y distracciones del conductor, además de brindar una alternativa accesible para instalar el sistema en cualquier tipo de vehículo.

Se presenta un prototipo sencillo para detección de somnolencia y distracciones, en el cual el método de Viola-Jones es utilizado para el reconocimiento de rostros y un clasificador tipo cascada que utiliza una base de datos de imágenes para su entrenamiento. Se cuenta la cantidad de detección de ojos, tanto abiertos como cerrados, y los cambios en la boca, para el conteo de bostezos en una secuencia continua de imágenes para luego utilizar los datos captados y medir el nivel de somnolencia del conductor por medio de Lógica Difusa dando una salida de alerta en caso de que el nivel de somnolencia lo amerite. Además, este método permite detectar distracciones, utilizando como parámetros rostro y ojos. Resultados de pruebas demuestran que el sistema mide con eficiencia parámetros mencionados y detecta estado de somnolencia como también distracciones por medio del método de Viola-Jones.

Palabras clave: Viola-Jones, somnolencia, Raspberry Pi, conductor.

Introducción

El estado de vigilia durante el proceso de conducción de vehículos es una problemática que afecta a una gran cantidad de personas. Un dispositivo capaz de detectar estos síntomas y dar aviso de ello, permitiendo al usuario recuperar el control del vehículo en un estado estable de no somnolencia demuestra gran importancia.

La tasa de accidentes de tránsito en el Paraguay es una de las más elevadas a nivel MERCOSUR pese a ser el país con menor cantidad de vehículos en relación con sus habitantes. Las estadísticas con respecto a los accidentes van en aumento a cada año. Las cifras de siniestros de tránsito han aumentado en un promedio de 28% anual en relación con el año 2014 y 63% en relación con el año 2010. Según datos de la Patrulla Caminera, las primeras 7 causas más frecuentes de siniestros viales son: no conservar distancia, no conservar su lado, no señalizar para maniobrar, giros indebidos, adelantamiento indebido, exceso de velocidad, además otras causas como animales sueltos, conductor ebrio, etc. (Agencia Nacional de Tránsito y Seguridad Vial, 2015)

Imprudencias durante el manejo vehicular pueden darse por diferentes motivos, como ser distracciones y sueño durante el uso del automóvil.

Con este proyecto se pretende dar solución a la problemática planteada, por medio de la utilización del Algoritmo de Viola-Jones e implementación de lógica difusa en un ambiente Raspbian para el desarrollo de dispositivo de alerta de sueño y/o distracciones, capaz de informar al conductor de su estado por medio de sonido que permita al mismo recuperar la concentración al conducir.

Los algoritmos de reconocimiento de imágenes o patrones particulares del rostro humano, en la actualidad, son de gran ayuda en el reconocimiento de patrones de sueño, pues permiten con gran facilidad realizar la detección de estas características del estado de vigilia. Por medio del algoritmo de Viola-Jones se garantiza velocidad de procesamiento y fiabilidad, mientras que aplicando lógica difusa se pueden validar las reglas que verifican las condiciones en las que puede encontrarse el conductor.

Definición Del Problema

La exclusividad de la tecnología de detección de somnolencia en vehículos de última generación y la necesidad de que la misma sea accesible e inclusiva. El sistema debe ser capaz de reconocer patrones de sueño y/o distracción por medio de una cámara ubicada a la altura del rostro del conductor, emitiendo una alerta acústica informando la detección de los síntomas de somnolencia por medio de un altavoz localizado en un lugar estratégico del vehículo.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un Sistema de alerta de sueño al volante que informe al conductor su estado de vigilia en tiempo real.

Objetivos Específicos

- Ajustar los componentes que conformarán la placa Raspberry Pi3.
- Desarrollar el algoritmo de detección biométrico ocular.
- Escribir el algoritmo de reconocimiento de patrones de sueño con lógica difusa.
- Realizar pruebas de funcionalidad del sistema biométrico ocular y del reconocimiento de patrones de sueño.
- Generar los informes de la prueba de funcionalidad del sistema completo.

Materiales y Métodos

Lógica Difusa

Lógica multivaluada que permite representar matemáticamente la incertidumbre y la vaguedad, proporcionando herramientas formales para su tratamiento. Como lógica multivaluada, en la definición de grados de pertenencia, la lógica difusa emplea valores continuos entre 0 (que representa hechos totalmente falsos) y 1 (totalmente ciertos). Así, la lógica binaria clásica puede verse como un caso particular de la lógica difusa. Los conceptos se asocian a conjuntos difusos (asociando los valores de pertenencia) en un proceso llamado fuzzificación.

Una vez que se tienen los valores fuzzificados se puede trabajar con reglas lingüísticas y obtener una salida, que podrá seguir siendo difusa o defuzzificada para obtener un valor discreto crisp. (Raya, 2002)

Razonamiento aproximado

Mediante el uso de conjuntos difusos es posible dotar de significado matemático a proposiciones como "mucho o poco sueño" utilizando los modificadores lingüísticos (muy, poco, demasiado, algo, extremadamente, etc.) para adaptar los calificativos a lo que se quiere decir.

El razonamiento aproximado se utiliza para representar y razonar con conocimiento expresado en forma de primitivas atómicas, enunciadas en lenguaje natural. (Torres & C., 2004)

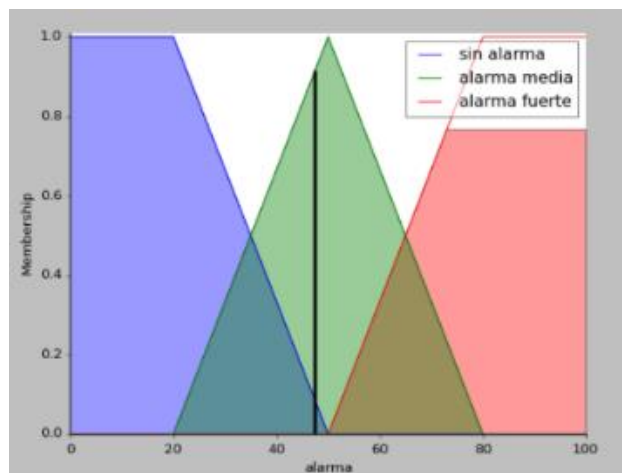


Figura 1. Razonamiento Lógico.

Algoritmo Viola-Jones

El Algoritmo de Viola Jones tiene una probabilidad de verdaderos positivos del 99,9% y una probabilidad de falsos positivos del 3,33 %, y a diferencia de otros algoritmos utilizados en métodos de caracteres invariantes procesa sólo la información presente en una imagen en escala de grises. No utiliza directamente la imagen, sino que utiliza una representación de la imagen llamada imagen integral. Para determinar si en una imagen se encuentra una cara o no, el algoritmo divide la imagen integral en subregiones de tamaños diferentes y utiliza una serie de clasificadores (clasificadores en cascada), cada una con un conjunto de características visuales. En cada clasificador se determina si la subregión es una cara o no.

La utilización de este algoritmo supone un ahorro de tiempo considerable ya que no serán procesadas subregiones de la imagen que no se sepa con certeza que contienen una cara y sólo se invertirá tiempo en aquellas subregiones que posiblemente si contengan una cara. Este detector se ha hecho muy popular debido a su velocidad a la hora de detectar las caras

en imágenes y para su implementación en la librería OpenCV. (Castrillon, 2008)

La detección de elementos del rostro implica una manipulación de ciertos parámetros como se muestran en la siguiente figura.

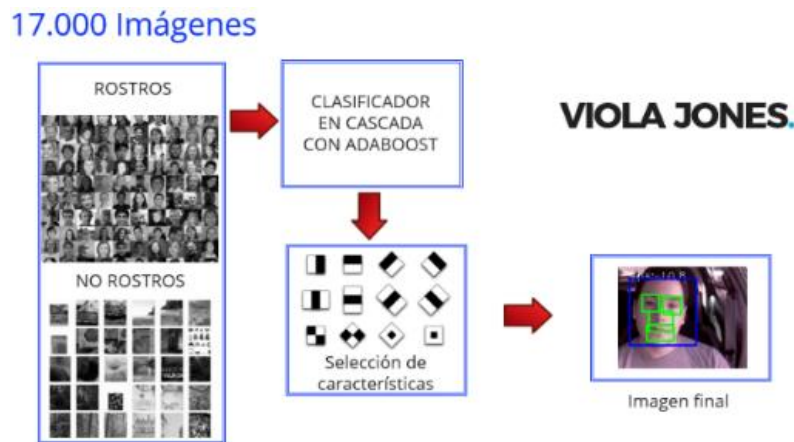


Figura 2. Tratamiento de imágenes.

Teniendo una base de datos con más de 17.000 imágenes de rostros de distintas etnias, formas y estado de atención, además de distinta calidad y resolución de estas, se realiza el entrenamiento del algoritmo mediante la lectura de imágenes y seleccionando las características requeridas para el funcionamiento del sistema por medio de clasificadores en cascada, permitiendo velocidad y fiabilidad al momento de encontrar elementos a ser tratados. En el caso particular de ojos, nariz y boca.

Etapas del Proyecto

- Etapa de selección del dispositivo.
- Selección de técnicas de procesamiento de imágenes.
- Modelado de la técnica de análisis de patrones de sueño.
- Modelado de escala de sueño.
- Etapa de prueba de funcionamiento del sistema.

Materiales utilizados

Placa Raspberry Pi 3: computador de placa reducida que utiliza software libre. Para el desarrollo del dispositivo se utilizó el modelo B de esta placa, implementando Wifi y Bluetooth sin la necesidad de adaptadores. (Colaborativo, 2013)

Módulo de cámara Raspberry: también conocida como Raspicam, ofrece aplicaciones basadas en líneas de comando para mayor aprovechamiento de la API MMAL, como lo son raspistill y raspistillyuv (utilizadas para capturar imágenes), además del comando raspivid (empleado para capturar videos). Con sensor de 5 megapíxeles, una resolución de 1080p y velocidad de 30fps

Leds infrarrojos: permiten un máximo aprovechamiento de la cámara suavizando el ruido, exceso de brillo y mayor visibilidad nocturna o situaciones de poca luz.

Lenguaje de programación Python: lenguaje multiparadigma que soporta orientación a objetos, programación imperativa y en menor medida programación funcional.

Librería OpenCV: cuenta con diferentes funciones que permiten procesar imágenes de entrada, ya sea para resaltar o descartar zonas de esta para su posterior análisis.

Algoritmo de Viola-Jones: algoritmo que analiza solo la parte de interés en imágenes. Utilizada especialmente en el reconocimiento de patrones y detección de rostros garantizando fiabilidad y velocidad de procesamiento.

La metodología propuesta para este trabajo se basa en un sistema de alerta de sueño al volante utilizando clasificadores en cascada según el método de Viola-Jones para la detección de todos los elementos del rostro como también lógica difusa para la toma de decisiones con respecto a la severidad de somnolencia del conductor. Como complemento se utiliza una metodología de conteo por medio del algoritmo de Viola-Jones para la detección de patrones de sueño adicionales. Se emplean técnicas de preprocesamiento de imágenes basado en clahe, como también la suavización de imágenes por medio de librerías de OpenCV.

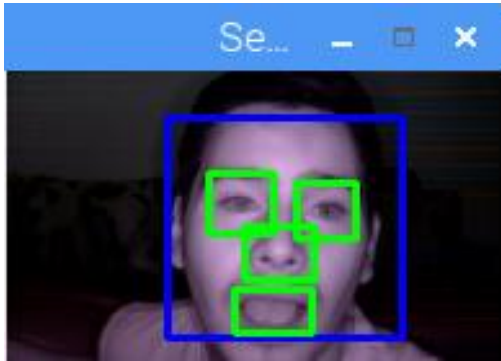


Figura 3. Detección del rostro.

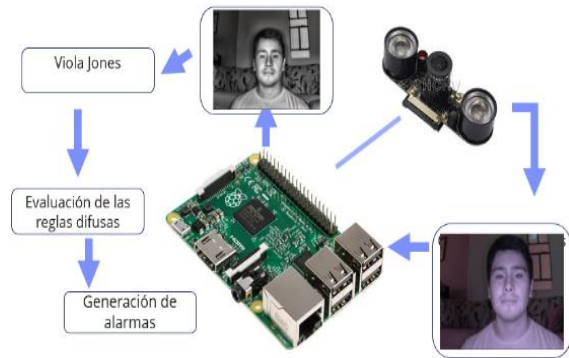


Figura 4. Diseño del Sistema

Finalmente utilizando todos estos medios, y si se ha detectado correctamente la somnolencia del conductor, el sistema lanza una alarma con la intención de avisar y despertar al conductor de su estado y mantenerlo en vigilia para que pueda seguir su viaje hasta encontrar algún lugar de descanso pertinente para que pueda reponerse. El sistema capta directamente las imágenes en tiempo real con la ayuda de luces infrarrojas desde una Raspberry Pi NoIR cámara. El diseño del sistema se basa en el estudio de la problemática del sueño al volante, permitiendo utilizar las técnicas apropiadas que, trabajando en conjunto, dan respuesta positiva y eficiente para el cumplimiento de los objetivos de este trabajo.

Al estar encendido el dispositivo, la cámara Raspberry Pi capta las imágenes y las procesa con el algoritmo de Viola-Jones buscando las áreas de interés para el sistema (ojos, nariz y boca) verificando y contabilizando la cantidad de ojos cerrados del conductor, refiriéndose a la cantidad de cuadros en los que se encuentra en este estado, y los bostezos de este, calculando valores de la escala de sueño delimitada por el tiempo mínimo para informar del nivel de sueño por medio de lógica difusa, generando alarmas siempre que sean necesarias. Este proceso se repite hasta que el conductor lo apague, permitiendo un control directo durante todo el proceso de conducción del automóvil.



Figura 5. Dispositivo ensamblado e instalado en el vehículo.

En la Figura 5 se presenta el dispositivo ensamblado e instalado en el vehículo para la

realización de las pruebas. Se presenta la posición ideal para mejor aprovechamiento y máximo rendimiento del sistema en lo que refiere a captación de imágenes y estabilidad para su procesamiento.

Resultados y Discusión

Se realizaron pruebas de funcionamiento del sistema en dos escenarios distintos, teniendo en cuenta las mismas variables captadas por la cámara como lo son cantidad de ojos abiertos, ojos cerrado y mismas condiciones para la boca, en dos situaciones distintas, calculando resultados de cantidad de fallas del sistema medido en segundos, el tiempo total de fallas, además del porcentaje de efectividad y confiabilidad de este, en los estados con y sin sueño durante el desarrollo de pruebas.

En el primer modelo de pruebas con el vehículo sin movimiento en donde el conductor permanece atento y comenzando a demostrar síntomas de sueño mientras transcurre un tiempo hasta que suene una de las alarmas, sean medio o fuerte dependiendo del nivel de sueño que este demuestra.

Los resultados obtenidos en la primera prueba experimental con el vehículo sin movimiento han permitido saber en cuanto tiempo la lógica difusa puede detectar los síntomas de sueño una vez que estos se presenten. Este tiempo resultante varía entre 2 a 3.5 minutos para la emisión de las diferentes alarmas correspondientes con confiabilidad de 100% como se puede apreciar en la tabla 1.

	Sujeto 1	Sujeto 2	Sujeto 3
Total de fallas	0	0	0
Sumatoria tiempo de fallas	0	0	0
Efectividad (%)	0	0	0
Confiabilidad (%)	100	100	100

Tabla 1. Pruebas vehículo sin movimiento.

Para el modelo con vehículo en movimiento se realizó el mismo procedimiento que el caso anterior, con la diferencia de que en este escenario el vehículo estuvo en marcha y el conductor realizó un recorrido para las pruebas. En los resultados que se observan la prueba experimental dos, se observa que el sistema tarda un tiempo en notificar la presencia de somnolencia en el conductor. De 2 a 3.5 minutos pasa a detectar sueño. A partir los tres minutos en adelante se obtiene una confiabilidad del 98% como se aprecia en la tabla 2.

	Sujeto 1	Sujeto 2	Sujeto 3
Total de fallas	1	3	0
Sumatoria tiempo de fallas	139	67	0
Efectividad (%)	1.5291	1.4978	0
Confiabilidad (%)	98.4708	98.5021	100

Tabla 2. Pruebas vehículo en movimiento.

Las fallas en las pruebas dinámicas se deben al movimiento del vehículo y principalmente al estado de las rutas, haciendo diferencia en pruebas realizadas sobre asfalto y calles empedradas. A pesar de estas condiciones luego de un tiempo de funcionamiento el dispositivo adquiere estabilidad demostrando fiabilidad y rendimiento.

Conclusiones

Considerando todas las pruebas experimentales realizadas, el sistema muestra un buen desempeño considerando los resultados obtenidos, como también demuestra estar acorde con las exigencias a las cuales fue sometida, procesamiento de imagen, detección de elementos del rostro, procesamiento para el reconocimiento de patrones de sueño y emisión de alarma correspondiente, esto implica que se ha logrado lo siguiente:

- La utilización de la placa de hardware libre Raspberry Pi, ha posibilitado el desarrollo de un sistema de alerta de sueño al volante de bajo costo accesible al público. Se demostraron las ventajas que la librería OpenCV utilizando el algoritmo de Viola-Jones que combinado con lógica difusa puede brindar a proyectos de visión computacional e inteligencia artificial.
- Se lograron demostrar los beneficios que pueden brindar los clasificadores en cascada cuyos elementos de clasificación fueron previamente entrenados.
- Ha sido posible desarrollar el sistema en su totalidad utilizando exclusivamente software libre, lo que posibilitó un gran ahorro en licencias de programas.
- Se ha logrado además la correcta notificación de somnolencia por medio de diferentes tipos de alarmas de acuerdo con la severidad de síntomas de sueño previamente procesados por la lógica difusa como también por métodos de conteo utilizando el algoritmo de Viola Jones.
- Se ha logrado demostrar que la utilización de luz infrarroja hace posible el procesamiento de imágenes con poca y buena iluminación en el interior del vehículo.
- El dispositivo junto con el sistema funciona correctamente dentro de los parámetros esperados siendo este confiable.

Bibliografía

- Castrillon, W. A. (Diciembre de 2008). Universidad Tecnológica de Pereira. Obtenido de Técnicas de extracción de características de imágenes para reconocimiento de expresiones: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84903802>
- Colaborativo. (2013). PiAddict Magazine. Obtenido de Raspberry Pi: <https://www.raspberrypi.org/forums/viewtopic.php?t=69132>
- García, J., Rogado, R., Barea, R., & Bergasa, L. (2008). Universidad de Alcalá. Obtenido de Departamento de Electrónica: <https://tv.uvigo.es/uploads/material/Video/2664/P09.pdf>
- Jiménez, J. G. (2000). ScienceDirect. Obtenido de Vision por Computador: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1697791215000126>
- Pardos, E. C. (2004). ResearchGate. Obtenido de Técnicas de reconocimiento facial mediante Redes Neuronales: https://www.researchgate.net/publication/39425006_Tecnicas_de_reconocimiento_facial_mediante_redes_neuronales
- Raya, A. M. (2002). Universidad de Málaga. Obtenido de Departamento de Estadística y Econometría: <http://webpersonal.uma.es/~MORILLAS/DATOSDIFUSOS.pdf>
- Sánchez, R. (2004). Faq-Mac. Obtenido de Sistemas de reconocimiento facial: <https://www.faq-mac.com/2004/07/sistemas-de-reconocimiento-facial-por-raul-sanchez-vitores/>
- Torres, A., & C., T. (2004). Inferencia y razonamiento probabilístico o difuso. Revista de Ingeniería, 158-166. Obtenido de Inferencia y razonamiento probabilístico odifuso.
- Trávez, I., Soria, V., & Fernando, D. (2016). Universidad de las Fuerzas Armadas. Obtenido de Departamento de Ingeniería Electrónica: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/11976>
- Vial, O. (Diciembre de 2015). Agencia Nacional de Tránsito y Seguridad Vial. Obtenido de Informe estadístico del Observatorio Vial: http://www.antsv.gov.py/application/files/1115/2278/1418/BOLETIN_DEL_OBSERVATRIO_-_DIC2015.pdf