

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ANÁLISIS DE VIDEO PARA MEDICIÓN DE INTENSIDAD DE TRÁFICO

Juan Ceschi¹

*¹Instituto de Investigación en Señales, Sistemas e Inteligencia Computacional, sinc(i)
Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, UNL - CONICET*

Área: Ingeniería

Sub-Área: Informática y Sistemas de Información

Grupo: X

Palabras clave: intensidad de tráfico, procesamiento de video, visión computacional

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, en la ciudad de Santa Fe se ha producido un incremento muy importante del parque automotor. Si bien esta disponibilidad de vehículos ha permitido una mayor movilidad individual, ha generado la necesidad de una reestructuración de las políticas aplicadas a la circulación para evitar el congestionamiento de las calles. Para poder comenzar a trabajar en una solución, primero se debe realizar un análisis estadístico del flujo del tránsito en la ciudad. Esta tarea no es trivial, y actualmente la Municipalidad no posee ninguna herramienta integral que le permita obtener información para llevar a cabo este análisis.

Existen aplicaciones móviles que permiten abordar la problemática de la congestión vehicular, y cuya función principal es brindar información acerca de las condiciones del tráfico en las calles. En general, esta información es generada a partir de datos proporcionados por los propios usuarios que interactúan con la aplicación, por lo que la clave del éxito yace en la necesaria y permanente colaboración responsable de la comunidad. Por otro lado, existen sistemas que trabajan con diversos tipos de sensores incrustados en el pavimento o elevados sobre el mismo, los cuales realizan mediciones de tráfico muy precisas. El inconveniente de éstos es que su implementación a gran escala requiere de una gran inversión monetaria en los procesos de compra, instalación y mantenimiento por parte del organismo municipal, lo cual no resulta rentable.

En este contexto, surge la idea de desarrollar un sistema capaz de brindar información precisa y en tiempo real sobre la intensidad de tráfico, a través de una implementación sencilla y económica, con base en técnicas avanzadas de análisis y procesamiento de imágenes y videos. Se utilizará para ello las cámaras de video estándares que se emplean actualmente para el monitoreo de las calles de la ciudad.

MATERIALES Y HERRAMIENTAS

Municipalidad de Santa Fe

Dado que no fue posible tener acceso directo a las cámaras de la ciudad, el personal de la Municipalidad a cargo del sistema de cámaras, compiló un DVD con 15 videos de

aproximadamente una hora de duración cada uno, obtenidos en diferentes zonas de la ciudad y en diferentes franjas horarias. Se requirió este conjunto de videos para poder evaluar la potencialidad del funcionamiento de los algoritmos en diversas configuraciones de las escenas: tipo de cámara, resolución del video, ángulo de la cámara, distancia focal, tipo y fuente de iluminación, condiciones atmosféricas-meteorológicas, existencia de obstáculos o interferencias, etc.

Herramientas de desarrollo

La base del sistema está dada por el campo de la Visión Computacional y su análisis del estado del arte. Dadas las potencialidades pretendidas para el sistema final, que incluyen la escalabilidad, el funcionamiento en tiempo real y el almacenamiento reducido, se implementó el sistema utilizando el lenguaje de programación C++ y la biblioteca de código abierto OpenCV (disponible en <http://opencv.org>).

METODOLOGÍA

El sistema desarrollado está dividido en 4 módulos principales relacionados con el pre-procesamiento del video, la detección de objetos en la escena, el seguimiento de objetos y el registro del tipo y número de vehículos. Éstos fueron diseñados de forma genérica y abarcativa, para que al momento de su utilización los parámetros de cada paso puedan ser ajustados al caso de estudio particular. En la **Figura 1** se presenta un diagrama completo del sistema, donde se identifican los cuatro módulos con sus respectivos procesamientos.

El primer módulo es el módulo de pre-procesamiento y tiene por objetivo preparar el video de entrada para su posterior procesamiento, minimizando información no deseada y realzando información importante. Previo a comenzar con el procesamiento del video, se deben definir una serie de parámetros iniciales de configuración como por ejemplo los tamaños para la clasificación de vehículos, la duración del período de medición, valores de umbrales, entre otros. Además se debe definir una región de interés en la escena del video, dentro de la cual se llevará a cabo la detección de vehículos. Posteriormente, se carga cada fotograma en formato RGB, y se aplica sobre el mismo los siguientes procesamientos:

- *Normalización de la resolución:* se analiza la resolución del video de entrada, y en base a los requerimientos de los procesos posteriores, será ajustada para reducir costos computacionales.
- *Normalización del nivel de iluminación:* se aplica una normalización sobre los niveles de iluminación de la escena para lograr fotogramas más homogéneos a lo largo de la duración de los videos.
- *Suavizado:* se aplica un filtro de mediana para reducir la influencia de los ruidos de diversa naturaleza que puedan estar presentes en la escena.

La imagen suavizada resultante se utiliza como entrada en el módulo de detección, cuyo objetivo es identificar los vehículos que se encuentran en movimiento dentro de la escena del video. Los procesamientos aplicados en este módulo son:

- *Modelado del fondo:* se genera un modelo estadístico del fondo computado a partir de una secuencia de fotogramas. Esto se realiza de forma periódica con un algoritmo basado en mezcla de Gaussianas.
- *Segmentación:* se extraen los vehículos en movimiento por medio de una diferencia entre el fondo modelado y el fotograma actual del video. Aquí también se utilizan técnicas de morfología matemática para eliminar elementos espurios y lograr una segmentación más acabada.

- *Eliminación de sombras:* las sombras de los vehículos generan inconvenientes a la hora de diferenciar los mismos, y para eliminarlas se realiza una segmentación de color utilizando el modelo de color CIE-Lab.
- *Representación:* cada uno de los vehículos detectados será expresado como una región particular, de la cual se extraen características como el área y el centro geométrico.

Estas características son cargadas en un arreglo y utilizadas como entrada en el módulo de seguimiento, el cual tiene como objetivo seguir la trayectoria de los vehículos detectados. Dentro de este módulo se aplican los siguientes procesamientos:

- *Validación de centros geométricos:* se realiza una validación de los centros geométricos correspondientes a los vehículos detectados, donde se utiliza un límite de área mínima y se evalúa la posición de los centros respecto a la región de interés definida al inicio.
- *Seguimiento:* para seguir la trayectoria de los vehículos se debe establecer una correspondencia entre vehículos detectados en fotogramas consecutivos. Esta correspondencia se determina utilizando una medida de mínima distancia euclídea entre los centros geométricos de los vehículos detectados en fotogramas consecutivos.
- *Resolución de oclusiones parciales:* se verifica que no se hayan producido oclusiones parciales entre vehículos analizando la cantidad de correspondencias que tuvo cada uno en el paso anterior. Si se detecta una oclusión, el sistema utiliza proyecciones lineales de los centros geométricos para resolverlas.

Finalmente en el módulo de registro, se realiza el conteo y clasificación por tamaño de los vehículos que abandonan la región de interés definida.

En la **Tabla 1** se presentan los resultados de medición obtenidos para un video cuya escena presentaba buenas características: la iluminación general de la escena era buena y homogénea, la posición de la cámara era adecuada y no se presentaban obstáculos, sombras o luces que afectaran el proceso de segmentación de vehículos.

CONCLUSIÓN

El sistema desarrollado permite analizar y extraer información de manera automática de largos períodos de registro en video. La información producida será de gran utilidad en la evaluación y definición de políticas aplicadas a la movilidad urbana.

Para el desarrollo del sistema se utilizaron herramientas de código abierto y se trabajó sobre plataformas estándares. Por lo tanto el mismo podrá ser reproducido fácilmente en otros Municipios, siempre y cuando se cuente con una infraestructura de cámaras que logren capturar el tráfico.

Si bien se trabajó sobre videos proporcionados por el municipio, los resultados obtenidos fueron alentadores. Para futuros desarrollos, en los cuales se tenga acceso a las cámaras de video y se pueda realizar una configuración de las mismas, se espera que los resultados mejoren notablemente.

| | Medido | Detectado | FP | FN | %FP | %FN | %D |
|----------------------------|--------|-----------|----|----|--------|--------|---------|
| Motos/bicis | 29 | 29 | 7 | 7 | 24,14% | 24,14% | 75,86% |
| Autos/camionetas | 38 | 41 | 4 | 1 | 9,76% | 2,63% | 97,37% |
| Camiones/colectivos | 4 | 5 | 1 | 0 | 20,00% | 0,00% | 100,00% |

Tabla 1: Resultados de medición obtenidos. FP: falso positivo; FN: falso negativo; D: detección

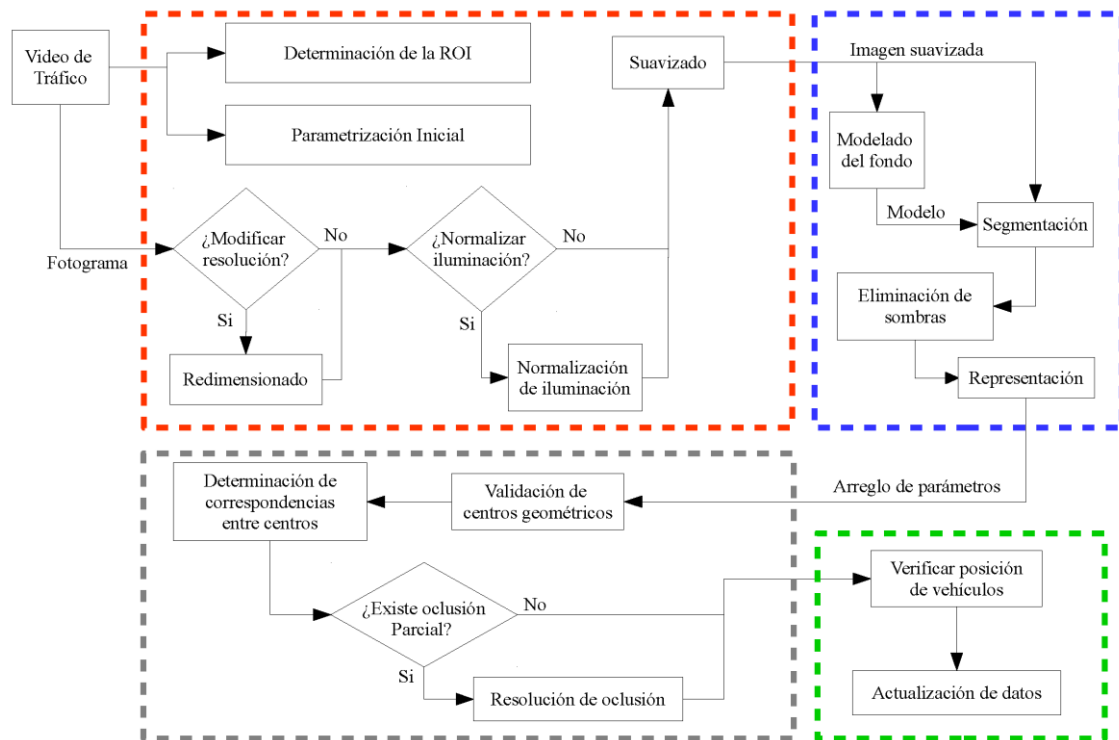


Figura 1: Esquema general del sistema completo. Se distinguen los cuatro módulos principales de trabajo: pre-procesamiento (rojo), detección (azul), seguimiento (gris) y registro (verde).

BIBLIOGRAFÍA

- Yatskiv, I., Grakovski, A., & Yurshevich, E.,** (2013). An overview of different methods available to observe traffic flows using new technologies. In Proceedings of the international conference.
- Qureshi, K. N., & Abdullah, A. H.,** (2013). A survey on intelligent transportation systems. Middle-East Journal of Scientific Research, 15(5), 629-642.
- Nellore, K., & Hancke, G. P.,** (2016). A survey on urban traffic management system using wireless sensor networks. Sensors, 16(2), 157.
- Bañón Blázquez, L., & Beviá García, J. F.,** (2000). Manual de carreteras. Volumen I: elementos y proyecto. Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, SA.
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E.,** (2008). Digital image processing. Nueva Jersey.
- Pizer, S. M., Amburn, E. P., Austin, J. D., Cromartie, R., Geselowitz, A., Greer, T., & Zuiderveld, K.,** (1987). Adaptive histogram equalization and its variations. Computer vision, graphics, and image processing, 39(3), 355-368.
- Stauffer, C., & Grimson, W. E. L.,** (1999). Adaptive background mixture models for real-time tracking. In Computer Vision and Pattern Recognition, 1999. IEEE Computer Society Conference on. (Vol. 2). IEEE.
- Rossel, R. V., Minasny, B., Roudier, P., & McBratney, A. B.,** (2006). Colour space models for soil science. Geoderma, 133(3), 320-337.
- Joshi, U., & Patel, K.,** (2016). Object tracking and classification under illumination variations.
- Cai, Z., Hu, S., Shi, Y., Wang, Q., & Zhang, D.,** (2016). Multiple human tracking based on distributed collaborative cameras. Multimedia Tools and Applications, 1-17.
- Naguib, A. M., Chen, X., & Lee, S.,** (2016). Cognitive Recognition Under Occlusion for Visually Guided Robotic Errand Service. In Intelligent Autonomous Systems 13 (pp. 81-94). Springer International Publishing.
- Wang, C., Fang, Y., Zhao, H., Guo, C., Mita, S., & Zha, H.,** (2016). Probabilistic Inference for Occluded and Multiview On-road Vehicle Detection. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 17(1), 215-229.