

Análisis transporte urbano con cámaras PTZ y omnidireccionales.

Guimaraynz, Hernán¹[0000-0001-6883-7411] and Oliva,
Damián¹[0000-0001-9714-4112]

Laboratorio del Procesamiento de la Información en Sistemas Autónomos,
Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes,
Roque Sáenz Peña 352, Bernal Buenos Aires, Argentina (B1876BXD)

Abstract. El objetivo de este trabajo es dar a conocer un conjunto de desarrollos que nuestro grupo ha realizado en los últimos años para la geo-localización, detección, clasificación y estimación de velocidad de vehículos; a partir de imágenes adquiridas con cámaras Pan-Tilt-Zoom (PTZ) y con cámaras omnidireccionales (tipo Fisheye).

El uso de cámaras omnidireccionales en entornos urbanos es innovador, permitiendo analizar el movimiento simultáneo de muchos vehículos en áreas amplias. La utilización de cámaras omnidireccionales también reduce los costos y las complicaciones asociadas con la infraestructura, la instalación, la sincronización, el mantenimiento y el funcionamiento de los sistemas de visión tradicionales (ya que estos deben utilizar numerosas cámaras con un campo de visión reducido).

Para poder geo-localizar y estimar la velocidad de los vehículos de forma eficiente con la infraestructura existente, es necesario desarrollar algoritmos basados en visión monocular que utilizan la restricción de que los objetos de interés (por ejemplo, vehículos y peatones) se mueven sobre la superficie terrestre.

Keywords: Transporte · Fisheye · PTZ.

1 Introducción

La visión artificial (VA) se puede describir ampliamente como la tarea de interpretar y dar sentido al mundo a nuestro alrededor a partir de imágenes y videos. En el contexto de los sistemas de transporte, los responsables de infraestructura y servicios, están comenzando a utilizar las técnicas de visión artificial (VA), para resolver problemas críticos asociados a la seguridad y la eficiencia del tránsito vehicular. En muchas instancias, el sistema de VA aumenta, o si es lo suficientemente confiable, incluso reemplaza la interpretación humana con el objetivo de reducir errores, costos, esfuerzo y tiempo. Algunos problemas relacionados con el transporte donde se aplica la VA [1], son: 1) el monitoreo y control del tránsito; 2) la detección y toma de decisión en incidentes; 3) la supervisión del estado del uso de carreteras; 4) el monitoreo de intersecciones de calles y; 5) el análisis de estacionamientos. Casi todas las aplicaciones están desarrolladas para cámaras

fijas o PTZ que se describen con el modelo *pin – hole*.

Actualmente ya existe una infraestructura de cámaras instaladas en la vía pública que pueden ser utilizadas para este tipo de análisis. Por este motivo, resulta interesante estudiar cómo utilizar esta información para el análisis de transporte. Este trabajo no se centra en una aplicación particular de la VA, sino que su objetivo principal es dar a conocer un conjunto de desarrollos que nuestro grupo viene realizando en los últimos años para la geo-localización, detección, clasificación y estimación de velocidad de vehículos; a partir de imágenes adquiridas con cámaras PTZ y con cámaras omnidireccionales. Los detalles de cada aplicación pueden encontrarse en las referencias citadas.

2 Análisis de transporte con cámaras de proyección central PTZ

En el trabajo [4], utilizamos técnicas tradicionales de VA en imágenes de autopistas adquiridas con cámaras PTZ (Fig. 1). El sistema que desarrollamos consiste en una serie de módulos concatenados (ver Fig. 1A).

Para poder geo-referenciar la posición de los vehículos sobre la vía (y también medir sus desplazamientos en metros) es necesario estimar la transformación de perspectiva que relaciona las coordenadas en la imagen PTZ con las coordenadas en el mundo. Para esto utilizamos información de imágenes satelitales (Fig. 1B). Para la detección de objetos en movimiento implementamos dos métodos tradicionales: a) Clasificación Background-Foreground y b) Seguimiento de puntos de interés ([4], [5]). En la Fig. 1C, mostramos una clasificación automática en tiempo real del tipo de vehículo a partir de la medición de sus parámetros geométricos y la clasificación con una red neuronal simple [4]. En verde se muestran los automóviles; en azul las camionetas/camiones; y en rojo: motos. Las líneas celestes indican la región de interés donde se estudia el pasaje de los vehículos. También, el sistema realiza un seguimiento automático de puntos de interés sobre cada vehículo. A partir del desplazamiento de estos puntos (flechas azules) podemos estimar la velocidad del flujo de tránsito utilizando la calibración de la Fig. 1B.

3 Ventajas y desventajas de utilizar cámaras PTZ y fisheye (FE) en el análisis de transporte

La ventaja principal de utilizar cámaras PTZ (Fig. 2A y 2C) es la ausencia de distorsiones y la capacidad de cambiar su campo de visión (movimientos pan, tilt y variación de zoom). Sus desventajas son: un campo de visión máximo de $50^\circ \times 50^\circ$. Por lo tanto, si se quiere monitorear una región amplia es necesario usar múltiples cámaras. También requieren de un operador para controlar la dirección de observación y el nivel de zoom.

Las cámaras omnidireccionales (por ejemplo las cámaras fisheye, FE) tienen un campo de visión de $360^\circ \times 180^\circ$, observando un hemisferio completo y minimizando los puntos ciegos (Fig. 2B). Su desventaja principal son las distorsiones

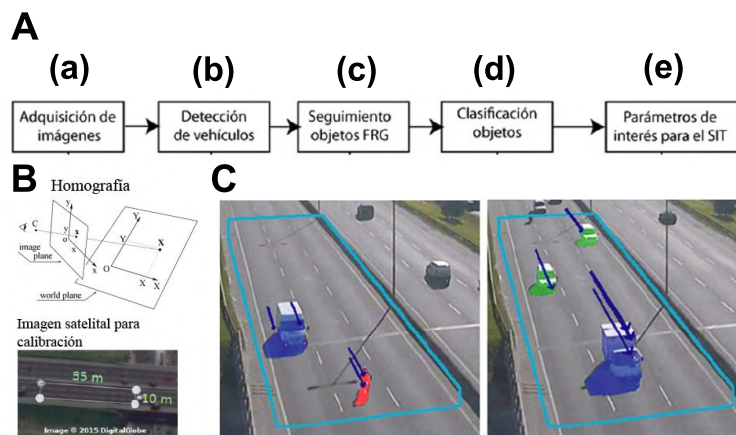


Fig.1. (A) Módulos que componen un algoritmo para la medición del tránsito para Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT). (B) Geo-localización a partir de la calibración de la homografía con imágenes satelitales. (C) Detección de vehículos en movimiento y clasificación de vehículos.

que pueden ser corregidas [2].

En las figura 2B-C se muestra la diferencia en el tamaño de los campos visuales de ambas cámaras de lo que se concluye que existen ciertas aplicaciones en las cuales, las cámaras con visión omnidireccional presentan ventajas. Algunas de ellas son: (a) Seguimiento simultaneo de múltiples vehículos en intersecciones complejas; (b) Análisis de accidentes y violaciones de tránsito; (c) Análisis del flujo de tránsito en intersecciones complejas. (d) Análisis de estacionamientos. En este tipo de aplicaciones, las cámaras FE pueden adquirir simultáneamente toda la escena en forma sincronizada evitándose problemas de delays que surgen cuando se utilizan distintas cámaras [8]. También se reduce la cantidad de puntos ciegos simplificándose los procesos de calibración y procesamiento.

4 Desarrollos innovadores

Si bien las cámaras FE presentan ventajas claras en algunas aplicaciones; no existen muchos trabajos donde se analice su aplicación en el transporte urbano. Por este motivo, en los últimos años investigamos esta temática. En el trabajo [6] desarrollamos un algoritmo basado en inferencia bayesiana para geolocalizar los vehículos. En [3] y [5] desarrollamos un algoritmo para el seguimiento continuo de múltiples vehículos. A partir de esto podemos estimar la trayectoria y la velocidad de los vehículos (Fig. 2.G-J).

En [7] desarrollamos un sistema dual basado en una cámara Fisheye y una PTZ: Esto nos permitió conjugar los beneficios de ambas cámaras (FE y PTZ)

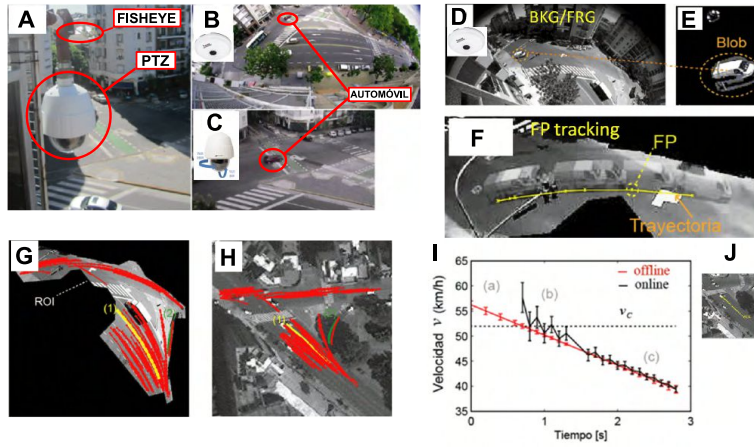


Fig. 2. (A) Cámaras FE y PTZ instaladas en la vía pública. (B) Fotograma obtenido con la cámara FE. (C) Fotograma obtenido con la cámara PTZ. (D-E) Detección de vehículos en movimiento por sustracción de fondo. (F) Seguimiento automático de puntos de interés. (G) Trayectorias de vehículos detectadas en la imagen FE. (H) Geolocalización de las trayectorias sobre una imagen satelital. (I-J) Estimación de trayectoria y de velocidad según [5].

en el cual la cámara FE captura una imagen amplia del panorama y la cámara PTZ apunta a los puntos de interés obteniendo una imagen centrada, en alta resolución.

De los ejemplos anteriores se concluye que el problema de geolocalización es fundamental para desarrollar algoritmos de VA en transporte. Dentro de nuestro conocimiento, los trabajos que estudian la localización de vehículos (con cámaras FE) utilizan aproximaciones poco precisas [8], o técnicas de vision binocular [9]. Cabe aclarar que no es posible reconstruir la posición 3D a partir de una imagen 2D, salvo que se tengan múltiples cámaras o se complemente con algún otro tipo de sensor (lidar, radar, etc). Además, la visión binocular requiere de algoritmos de coincidencia estéreo que son costosos computacionalmente.

Una suposición realista en aplicaciones reales es que no tenemos acceso a sensores extra para proveer información de distancia, teniendo solo acceso a una única cámara (visión monocular). Es normal que se instalen varias cámaras para vigilar una escena pero en general se las dispone tal forma que los campos visuales tengan poca superposición para maximizar la zona vigilada. Entonces no es esperable poder ver un objeto en más de una cámara a la vez.

Para resolver el problema de localización con cámaras monoculares, la hipótesis en nuestros trabajos es que los eventos de mayor interés se producen sobre la superficie terrestre, estando asociados al comportamiento de vehículos y/o peatones [7]. Si bien esta suposición introduce la restricción asociada al movimiento sobre la superficie terrestre, permite el posicionamiento del objeto de interés uti-

lizando únicamente la detección del objeto en la cámara PTZ o fisheye. Este enfoque simplifica notablemente el problema.

5 Conclusión

En este trabajo resumimos un conjunto de desarrollos que venimos realizando para el análisis de transporte basado en VA con cámaras Pan-Tilt-Zoom (PTZ) y con cámaras omnidireccionales (tipo Fisheye). Resaltamos la importancia de la restricción asociada al movimiento de los vehículos sobre la superficie terrestre para resolver el problema monocularmente, simplificando notablemente la complejidad computacional de los algoritmos. Esto permite el procesamiento online de las trayectorias.

References

1. Loce, RP., Bala R., Trivedi, M.: Computer vision and imaging in intelligent transportation systems. John Wiley & Sons. (2017)
2. Stanganelli, D., Oliva, D. E., Noblía, M., Safar, F.: Calibración de una cámara fisheye comercial con el modelo unificado para la observación de objetos múltiples. In 2014 IEEE Biennial Congress of Argentina (ARGENCON) (pp. 147-152). IEEE. (2014).
3. Arroyo, S. I., Safar, F., Oliva, D.: Georeferenced feature tracking in wide field images. In Information Processing and Control (RPIC), 2015 XVI Workshop on (pp. 1-6). IEEE. (2015, October).
4. Yabo G, Arroyo S, Safar F, Oliva D. Vehicle classification and speed estimation using computer vision techniques. AADECA 2016 - Semana del Control Automático - 25 Congreso Argentino de Control Automático. Noviembre de 2016 - Buenos Aires, Argentina. (2016)
5. Arroyo, S. I., Safar, F., Oliva, D.: Probabilidad de infracción de velocidad de vehículos utilizando visión artificial en cámaras de campo amplio. In Biennial Congress of Argentina (ARGENCON), 2016 IEEE (pp. 1-6). IEEE. (2016, June).
6. Arroyo, S. I., Bussi, U., Safar, F., Oliva, D.: A monocular wide-field vision system for geolocation with uncertainties in urban scenes. Engineering Research Express, **2**(2), 025041. (2020)
7. Arroyo, S., Garcia, L., Safar, F., Oliva, D.: Urban dual mode video detection system based on fisheye and PTZ cameras. IEEE Latin America Transactions, **19**(9), 1507-15. (2021)
8. Wang, W., Gee, T., Price, J., Qi, H.: Real time multi-vehicle tracking and counting at intersections from a fisheye camera. In 2015 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (pp. 17-24). IEEE. (2015)
9. Datondji, S. R. E., Dupuis, Y., Subirats, P., Vasseur, P.: Wide-baseline omni-stereo at junctions: Extrinsic auto-calibration, trajectory and speed estimation. In 2017 IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) (pp. 1-6). IEEE. (2017)