

Análisis del Comportamiento del Tránsito Vehicular con Base en el Sensado de Dispositivos Móviles

E. A. Moedano Cardiel, M.J Torres Ruiz, M. A. Moreno Ibarra

Centro de Investigación en Computación, Instituto Politécnico Nacional, México
edwinmoedano@gmail.com, mtorres@cic.ipn.mx,
marcomoreno@cic.ipn.mx

Resumen. Durante los últimos años el sensado de las actividades humanas con dispositivos móviles ha despertado un gran interés para diferentes disciplinas, ya que permiten cuantificar diferentes fenómenos con sus sensores. Uno es el GPS que identifica la posición, generando datos que pueden permitir el análisis del flujo en una red vehicular. Por mucho tiempo el tránsito se ha convertido en un problema que afecta a las grandes ciudades del mundo y crece precipitadamente por su naturaleza. Existen factores que impiden proporcionar una estimación de las condiciones del tránsito, tales como la falta de infraestructura del sensado de vehículos, deficientes sistemas de comunicación entre otras. En este trabajo, el problema que se plantea resolver es estimar las condiciones de una red vehicular con respecto al tránsito. Se propone una metodología de clasificación que consiste en calificar las vialidades con base en el sensado del flujo vehicular con dispositivos móviles y sus características físicas.

Palabras Clave: Tránsito, sensado vehicular, red vehicular, flujo vehicular, clasificación, estimación, dispositivos móviles, GPS.

1 Introducción

Hoy en día se han propuesto diversas técnicas para el sensado y análisis de las actividades humanas en el entorno geoespacial [1] [4]. Los GPS y otros sensores para realizar técnicas de rastreo han recibido gran atención, debido al crecimiento de las aplicaciones con un enfoque geográfico y análisis espacial, orientadas hacia diferentes objetivos y enfoques [2]. En [8] [7] [6] se utilizan dispositivos móviles con GPS para el sensado y la estimación del tránsito, el problema para la estimación es el análisis de diferentes variables urbanas, temporales, climáticas y sociales por mencionar algunas. Se menciona en [8] que la eficiencia de las metodologías implementadas es baja ya sea por su poca precisión, lo impráctico que resulta por la falta de datos o por no contemplar el impacto generan las intersecciones por ejemplo los semáforos.

El sensado con dispositivos móviles presenta diferentes problemas comentadas en [2] son principalmente la capacidad de operación de los dispositivos móviles (almacenamiento, batería, tiempo de calibración, precisión) y la zona a sensar como ciudades, carreteras, entre otras.

Existen diferentes metodologías para el sensado colectivo de una red vehicular y depende de la infraestructura de la zona donde se pretenda implementar. Las redes ad-hoc vehiculares (VANETs) se han retomado por los avances en las comunicaciones[3], para estas redes se desarrollaron diferentes esquemas de comunicaciones para coleccionar datos, procesar y acceder a la información de manera local o cooperativa, como son vehículo a vehículo (V2V) y con la introducción a las redes celulares (GSM, CDMA, EDGE, 3G) se plantean sistemas distribuidos con conectividad a Internet.

Los sensores GPS día con día son más precisos y esto provoca cierta preocupación para el almacenamiento y procesamiento de los datos [3] [4]. Los esquemas mixtos de conexión (Wi-Fi, Celular, DSCR, WLAN) han sido adoptados para solucionar esos problemas, porque dan poder a las VANETs para capturar datos, concentrarlos en algún servidor y compartir la información entre otros dispositivos.

En este trabajo se plantea resolver la problemática de estimar las condiciones del tránsito que pueda existir en una red vehicular. Se propone una metodología para clasificar vialidades con respecto al flujo vehicular, la clasificación se emplea utilizando una evaluación personalizada de vialidades (EPV) con base en el sensado del flujo vehicular con dispositivos móviles.

El resto del artículo está organizado como sigue: La sección 2 menciona los antecedentes en cada uno de los temas en que se involucra el problema a resolver, en la sección 3 se encuentra la metodología propuesta, en la sección 4 se presenta los detalles de la implementación y en la sección 5 los resultados preliminares y conclusiones.

2 Antecedentes

En esta sección examinamos los conceptos involucrados en la metodología y algunos trabajos previos.

2.1 Monitoreo del censado vehicular

El monitoreo del tránsito no solo se limita a obtener la posición, la trayectoria o movilidad de los vehículos, sino generar el análisis de las interacciones de los usuarios con su entorno para evaluar el comportamiento de ambos y posteriormente tomar decisiones. Existen varios trabajos enfocados a la movilidad y la estimación del flujo vehicular como en [7] y TruTraffic [3] los cuales recolectan datos usando redes 2/3G para entregar a los usuarios información reciente del estado del tránsito, con esto se generan rutas dinámicas y notificaciones sobre la saturación de alguna vialidad. Otro trabajo es Google Traffic que genera rutas con recursos como difusión de reportes de radio, noticias, entre otras. Sin embargo la limitante es que esto solo aplica para avenidas principales o carreteras. En [2] se menciona que para sus experimentos la frecuencia de sensado fue una ventana de dos a cinco segundos, almacenando los datos en la memoria del dispositivo para posteriormente realizar el procesamiento de los datos. En [6] se recolectaron los datos en algunas avenidas principales tomando la velocidad promedio en ventanas de 15 minutos, después se realiza interpolación lineal y

extrapolación para las vialidades donde no fue posible recolectar datos y establecer una aproximación.

2.2 Datos históricos

Una de las aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica (GIS) es la generación de rutas [4]. De acuerdo con [5], el problema está dividido en dos categorías, enrutamiento estático y dinámico. Se dice que el problema es estático si los datos de entrada no dependen estrictamente del tiempo, dentro de estas dos clasificaciones se subdivide en determinísticos y estocásticos, el problema es determinístico si conocemos todos los datos al momento de generar una ruta, esta clasificación nos permite determinar que este trabajo se realiza enrutamiento dinámico.

Para realizar el enrutamiento se deben seguir criterios y políticas que nos permitan generar rutas. Existen algunos trabajos donde se enfocan en el uso de datos en tiempo real y el análisis de datos previamente conocidos o históricos como los mencionados en [5] y [6], este tipo de trabajos se proponen para resolver el ruteo en redes dinámicas estocásticas, donde el flujo vehicular varía con el tiempo.

Las ventajas analizadas del uso de datos históricos combinados con el análisis de datos en tiempo real conforme a [6], se enfocan en disminuir los costos e incrementar la productividad de las flotillas, donde demuestran disminuir en horas picos un 37% el costo total por las mañanas y un 47% por las tardes, así como la reducción del uso de las unidades en un 28% por las mañanas y un 58% por las tardes, lo que nos indica que este tipo de metodologías pueden ser de gran beneficio para optimizar la carga de una red vehicular y distribuir de manera adecuada el flujo dentro de la red.

3 Metodología

La Metodología estima el tránsito en una red vehicular urbana y se divide en dos etapas, la etapa de sensado y la etapa de clasificación de rutas como se ilustra en la Figura 1. En esta sección detallaremos ambas etapas.

3.1 Etapa de sensado.

Para esta etapa primero normalizamos las vialidades asignándoles un valor denominado tiempo de recorrido óptimo (TRO) que representa una relación en segundos entre la longitud de la vialidad y la velocidad máxima permitida. Posteriormente se recolecta la ubicación de los dispositivos móviles con una granularidad de 15 metros y se evalúan mediante a un proceso denominado *evaluación personalizada de vialidades* (EPV) para determinar el nivel de flujo vehicular. La EPV se aplica al determinar en una vialidad el *tiempo de arribo* (TA) en el que un conductor ingresa a la vialidad y el *tiempo de partida* (TP) en el que es abandonada la vialidad por completo, la diferencia nos da como resultado el tiempo de recorrido de vialidad (TRV) la cual nos permite clasificar una vialidad como en la Figura 2.

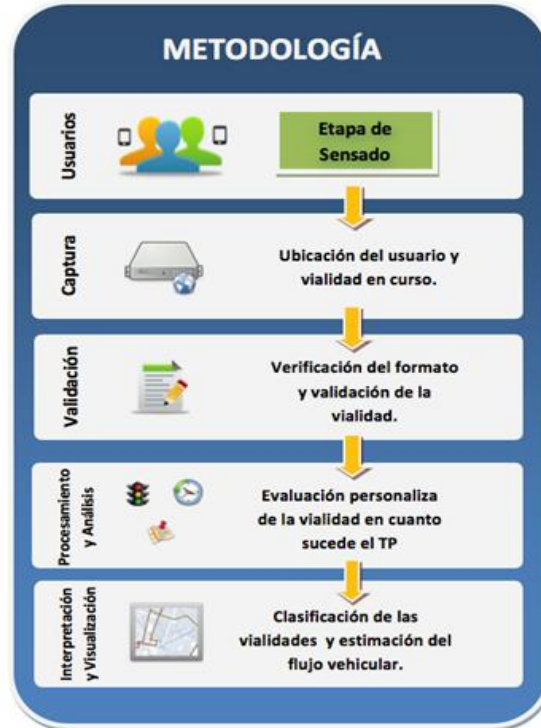


Fig. 1. Fases de la Metodología.

$TRV < TRO \Rightarrow$ Flujo Adecuado
 $TRV \approx TRO \Rightarrow$ Flujo Moderado
 $TRV > TRO \Rightarrow$ Congestión

Fig. 2. Clasificación de las vialidades.

La información procesada posteriormente es almacenada en la *base de datos histórica* (BHD) y genera un impacto en el valor del TRO de las vialidades ya que este valor representa las condiciones ideales de flujo vehicular sin tomar en cuenta semáforos, topes, desperfectos viales, entre otros. Por lo que es necesario aproximar el valor del TRO a los datos sensados, para esto se utiliza una técnica llamada promedio ponderado exponencial y se expresa como en la Ecuación 1 Donde TRO_t es el tiempo promedio en un intervalo t , el valor de α que utilizamos es de 0.125 el cual es sugerido para esta técnica en [9] y promedia el impacto entre el TRO y el TRV.

$$TRO_t = (1 - \alpha)TRO_{t-1} + \alpha TRV, t > 0 \quad (1)$$

4 Resultados

4.1 Implementación de la aplicación móvil

Se implementó una aplicación móvil que recolecta la posición de un vehículo de forma continua, para su implementación se utilizó *Titanium Studio* [11] debido a sus características multiplataforma, para el almacenamiento y procesamiento de los datos se implementó un servidor web con Apache Http Server [14], la aplicación web que procesa las consultas de los clientes está desarrollada con CakePHP [15] y los datos son gestionados con PostgreSQL [12] utilizando su extensión para datos geográficos PostGIS [13]. La comunicación cliente/servidor es con peticiones HTTP con el método POST incorporando un modulo personalizado de seguridad AES a 256 bits. En la base de datos fue cargado un shapefile de vialidades del Distrito Federal se utilizaron datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

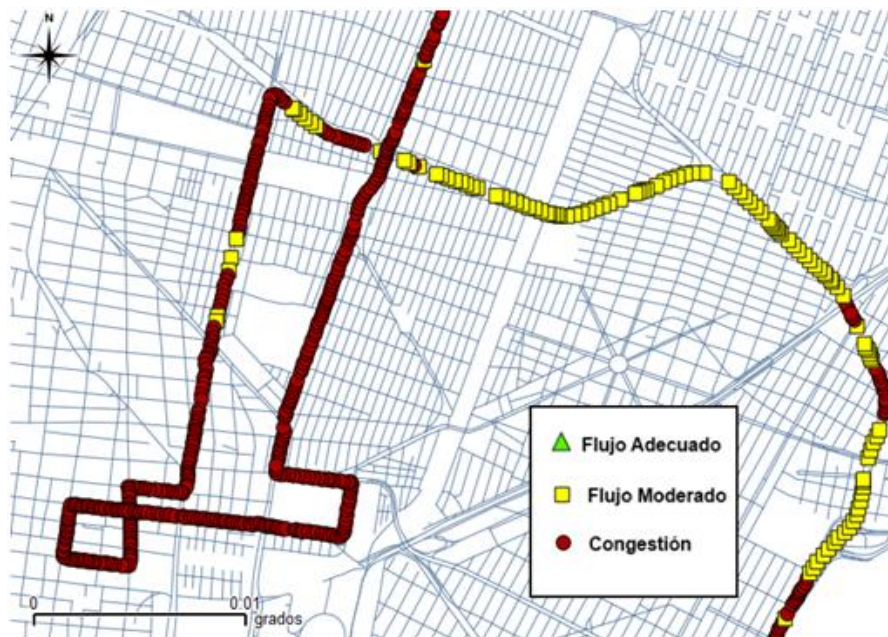


Fig. 3. Clasificación de las vialidades utilizando la EPV.

4.2 Resultados del experimento en la etapa de sensado

Dentro de los experimentos realizados se destaca el recorrido que se llevo a cabo en la zona centro de la ciudad de México Eje 1 Nte. La clasificación realizada en la Figura 3 obtuvo resultados más completos que las implementadas en [7] y [10] porque en ellos se obtiene la velocidad promedio de la vialidad completa y no por tramos, se

enfocan en clasificar con respecto a la velocidad de los automovilistas y a un umbral de velocidad fijo dando a todas las vialidades sin importar sus características físicas el mismo umbral. Ésta metodología propone un análisis más detallado por secciones dado que cada tramo que compone a una vialidad tiene diferentes características físicas dando una mejor caracterización de la red vehicular, además la cantidad de flujo vehicular de una vialidad depende de muchos factores como las condiciones de la vialidad, semaforos, el horario, clima, entre otros. En vez de tener umbrales de velocidad fijos se propone que los conductores califiquen las vialidades conforme al tiempo que les tomo recorrerlas.

5 Conclusiones

Los resultados obtenidos sugieren que podríamos estimar la cantidad de flujo vehicular conforme a la *Evaluación Personalizada de Vialidades* y la clasificación de las vialidades para las vialidades donde no fue posible recolectar datos mediante la etapa de sensado, el tipo de análisis que requerimos para calcular el *tiempo de recorrido de vialidad* es adecuado ya que no se requiere demasiada precisión del movimiento por las velocidades de conducción en las ciudades y el sensado por granularidad es bastante eficiente para economizar los recursos de los dispositivos móviles. Los problemas presentados para esta etapa fueron la comunicación entre cliente/servidor, el empaquetamiento de los puntos sensados para evitar la saturación del servidor y que las peticiones fueran consideradas como un DDoS attack, esto se resolvió con la frecuencia de recolección y la granularidad. Las ventajas de la metodología propuesta es lo detallado que resulta la clasificación de las vialidades y como podemos personalizar para cada vialidad su situación y tratarla de forma distinta a las demás, otras posibles ventajas son la rápida adopción de los usuarios de dispositivos móviles ya que la metodología está pensada para consumir una cantidad de recursos mínima y lo económico que resulta la recolección de datos voluntarios como se menciona [1].

Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen al Instituto Politécnico Nacional por el soporte proporcionado para la realización de este trabajo.

Referencias

1. Goodchild, M. F.: Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69(4), 211-221. (2007).
2. S. Van der Spek, J. Van Schaick, P. de Bois, R. de Haan, Sensing Human Activity: GPS Tracking, (2009).
3. Lee, U., & Gerla, M.: A survey of urban vehicular sensing platforms. *Computer Networks*, 54(4), 527-544. (2010).
4. Goodchild, M. F.: Geographic information systems and science: today and tomorrow. *Annals of GIS*, 15(1), 3-9. (2009).

5. Ghiani, G., Guerriero, F., Laporte, G., & Musmanno, R.: Real-time vehicle routing: Solution concepts, algorithms and parallel computing strategies. *European Journal of Operational Research*, 151(1), 1-11. (2003).
6. Kim, S., Lewis, M. E., & White III, C. C. Optimal vehicle routing with real-time traffic information. *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, 6(2), 178-188. (2005).
7. Qiankun, Z., Qingjie, K., Yingjie, X., & Yuncai, L.: An improved method for estimating urban traffic state via probe vehicle tracking. In *Control Conference (CCC), 2011 30th Chinese* (pp. 5586-5590). IEEE. (2011).
8. Leontiadis, I., & Mascolo, C.: Geopps: Geographical opportunistic routing for vehicular networks. In *World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks, 2007. WoWMoM 2007. IEEE International Symposium on a* (pp. 1-6). IEEE. (2007).
9. Paxson, V., & Allman, M.: Computing TCP's retransmission timer (pp. 1-6). RFC 2988, November. (2000).
10. Pattara-Atikom, W., Pongpaibool, P., & Thajchayapong, S.: Estimating road traffic congestion using vehicle velocity. In *ITS Telecommunications Proceedings, 2006 6th International Conference on* (pp. 1001-1004). IEEE. (2006).
11. Titanium Studio. <http://www.appcelerator.com>. [Consultado el 9 de Septiembre del 2013].
12. PostgreSQL. <http://www.postgresql.org.es>. [Consultado el 9 de Septiembre del 2013].
13. PostGIS. <http://postgis.net>. [Consultado el 9 de Septiembre del 2013].
14. Apache HTTP Server, <http://httpd.apache.org>. [Consultado el 9 de Septiembre del 2013].
15. CakePHP. <http://cakephp.org>. [Consultado el 9 de Septiembre del 2013].

