

Elementos para el modelamiento de Tráfico Vehicular en América Latina

Elements to model Vehicular Traffic in Latin America

Leonardo Ramírez¹, Jeisson Sánchez¹

¹ Research Group TIGUM, Faculty of Engineering, Universidad Militar Nueva Granada,
Carrera 11 # 101 – 80, Carrera 58c # 142 – 20, Bogotá, Colombia
{leonardo.ramirez, u1400881}@unimilitar.edu.co

Resumen. Actualmente el tráfico vehicular es un reto para la ingeniería en software. Diferentes modelos basados en inteligencia artificial, Internet de las cosas, visión artificial, entre otras tecnologías son implementados para solucionar problemas de tráfico vehicular. Sin embargo hay factores como el incremento de la densidad de tráfico en comparación con la infraestructura que aumenta ese reto. La mayoría de propuestas son lanzadas en forma individual para solucionar problemas únicos o también denominados locales. En este artículo se analiza el tráfico vehicular Latino-Americanano basado en las más grandes áreas de transporte. El estudio es basado en las principales variables de tráfico y se genera un método de diseño de nuevos modelos a futuro por clasificación. La clasificación en el modelamiento de soluciones es el primer paso para desarrollo de estándares, políticas y solución de problemas en diferentes lugares en Latinoamérica.

Palabras clave: *clasificación del transporte, congestión vehicular, modelos de tráfico software de simulación.*

Abstract. Nowadays, vehicular traffic is a challenge in software engineering area. Multiple models based on artificial intelligence, Internet of Things, computer vision, among other technologies are deployed to supply support in vehicular traffic problems. However, the traffic density is increment due to the ways infrastructure and the number of vehicles. Majority of solutions are deployed in singular functions to solve individual problem. In this paper we analyze the vehicular traffic in Latin-American cities according to different transport areas. The study is based on the main transport variables and generating a method to design future models. The transport classification in modeling solutions will satisfy the traffic standards, policies and universal solution to problems in different locations.

Keywords: *transport classification, vehicular congestion, traffic models, software simulation.*

1 Introducción

En Latinoamérica hay ciudades densamente pobladas como lo son Santiago de Chile, São Paulo, Lima, Bogotá, entre otras grandes ciudades. Actualmente Bogotá es una metrópolis con aproximadamente 8 millones de habitantes [1]. Siendo la capital de Colombia, tiene una alta demanda de tráfico vehicular. Debido a los problemas de movilidad, diferentes soluciones han sido propuestas como el Sistema Integrado de Transporte Público –SITP, proyectos de viabilidad del metro subterráneo de Bogotá, restricciones de movilidad en tiempos de alta congestión vehicular. Sin embargo, esas soluciones aunque son prácticas no abarcan el incremento anual de vehículos. Bogotá como las otras metrópolis Latinoamericanas necesita un modelo universal para mejorar el tráfico vehicular. Para un correcto modelamiento de tráfico vehicular hay diferentes enfoques y objetivos. Normalmente el tráfico es clasificado en tráfico dinámico o estático.

Los modelos de tráfico vehicular propuestos más comunes son de tipo estático. Lo que se refiere a una solución en un lugar particular o a un grupo selecto de vehículos debido a su comportamiento en una ciudad. El comportamiento es regular basado en la llegada a un punto de referencia como lo es una luz de tráfico. Sin embargo, existen soluciones planteadas para el tráfico dinámico como el centro de gestión de movilidad implementado en Colombia. El centro de gestión de movilidad es una parte de Sistema de Transporte Inteligente –SIT. SIT es un sistema moderno implementado con tecnologías de la información y las comunicaciones –TIC como Big Data, procesamiento de imágenes, Internet of Things – IoT, entre otros. El sistema de control provee información del tráfico en tiempo real de Bogotá [2]. El principal propósito es optimizar la congestión de tráfico basado en monitoreo del flujo de tráfico, integración de los sistemas de información y disminuir los tiempos de respuesta para eventos de emergencia. Sin embargo hay diferentes factores que afectan la respuesta para emergencias como lo es la infraestructura urbana, control del tráfico y modernización del sistema de tránsito, entre otras reglas. Por otro lado, Lima tiene aproximadamente 9.834.000 millones de habitantes, in 2015 [3]. Lima también tiene problemas de congestión vehicular de acuerdo al incremento anual. Aunque Lima tiene un sistema de transporte eléctrico y otros sistemas de transporte público, la sobre población disminuye la movilidad. Diferentes instituciones en Perú sugieren expandir las vías vehiculares. Pero la solución analizada por expertos es una solución temporal y es una propuesta para adoptar políticas Europeas/Sudamericanas como la restricción en Bogotá de “Pico y Placa” [4]. No obstante, São Paulo es una de las ciudades más pobladas en Latinoamérica. De acuerdo a IBGE, São Paulo tiene aproximadamente 11.967.000 millones de habitantes [5]. En São Paulo las soluciones son peajes en lugares urbanos y rurales. Pero de nuevo, la congestión de tráfico es insostenible debido al incremento de vehículos. Desde 1986, São Paulo tiene líneas viales de tráfico reversible basado en la demanda de vehículos, como los buses de transporte público [6]. La estrategia reversible CET mejora el transporte masivo en la ciudad.

Todos los problemas de movilidad en las ciudades se están resolviendo con diferentes estrategias. Pero los modelos propuestos son estudios individuales en diferentes

lugares. La idea principal de clasificar el transporte vehicular es proveer una guía para futuros modelos y mejorar las aplicaciones presentadas a nivel global en las ciudades. Una comparación entre los diferentes modelos de tráfico en Latinoamérica es presentada en este artículo. Como solución se propone una implementación de algoritmos heurísticos y un software de simulación de los algoritmos en redes vehiculares basados en la clasificación del transporte.

2 Clasificación de transporte y modelos de simulación

2.1 Clasificación de Transporte

La integración de diferentes algoritmos y métodos de transporte serán la base de nuevos diseños de modelos universales en simulación de tráfico vehicular. Los modelos universales están sustentados sobre la clasificación estándar de transporte para determinar el enfoque en el área específica de transporte. La clasificación de transporte es realizado de acuerdo a las investigaciones y resultados de búsquedas más relevantes en la academia sobre tráfico vehicular. En la figura 1 se presenta una clasificación básica y estándar de las áreas de transporte para el modelamiento de tráfico vehicular.



Fig. 1. Clasificación estándar de las áreas de transporte

La clasificación presentada fue realizada con base en investigaciones del tráfico vehicular en las principales ciudades con mayor congestión en Latinoamérica. La taxonomía propuesta es un esquema de solución para incluir nuevas áreas como el tráfico de vehículos de emergencias y áreas comunes como el transporte público urbano, transporte comercial y de carga, tráfico no motorizado, entre otros.

2.2 Software de simulación de tráfico vehicular

Múltiples software de simulación son desarrollados para el control y prevención de desastres, predicción del clima y otros enfoques que requieren ayuda tecnológica para resolver problemas cotidianos. Sin embargo, existe un problema mayor que es el crecimiento a gran escala de vehículos respecto a la infraestructura de cada ciudad.

Por esta razón, el desarrollo de software de simulación de tráfico vehicular es un reto para la ingeniería. La simulación de flujo vehicular es una parte esencial para implementar nuevos modelos que solucionen la movilidad del transporte urbano, como carreteras de alto tráfico, carreteras a nivel rural, entre otras. El software de simulación vehicular es clasificado principalmente en 3 tipos de modelos.

- ❖ Simulación Macroscópica: está basado en el flujo vehicular realizado en un análisis colectivo a gran escala. Consiste en estudiar el segmento de una vía que incluye todo tipo de transporte como público, emergencias, entre otros y su densidad de flujo de vehículos. [7]-[9].
- ❖ Simulación Microscópica: el análisis es realizado sobre un vehículo como agente independiente y su comportamiento en el tráfico. Requiere grandes volúmenes de información para procesar y generar resultados precisos. Adicional se consolida entre varias simulaciones un alto costo de tiempo y recursos de procesamiento [8]-[10].
- Simulación Mesoscópica: implementa características de las simulaciones Microscópica y simulación macroscópica [7]-[10].

3 Possible solución al tráfico vehicular mediante algoritmos

En la literatura hay múltiples modelos en tráfico urbano como el presentado por Salcedo. El modelo es el seguimiento y control de una red de luces de tráfico en una importante vía de Bogotá. El modelo sincroniza el tiempo de duración e intervalos de las luces de tráfico. Los resultados fueron analizados en una Simulación macroscópica con un modelo Adaptive Network Fuzzy Inference System –ANFIS. ANFIS tiene una alta precisión. La densidad vehicular decrece con el modelo ANFIS. El modelo es entrenado durante 10 períodos por una red Neuro-Difusa [11]. En 2015, se presenta el desarrollo de sistemas de información basados en una plataforma geográfica abierta para movilidad vehicular [12]. Sensores móviles, cámaras de video, luces tráfico y teléfonos móviles alimentan el sistema de información. El sistema es una fuente confiable para diseñar futuros modelos de tráfico vehicular. Por otro lado, una investigación de correlación es presentada para predecir la velocidad promedio espacial en la ciudad de Bogotá [13]. El estudio fue realizado en la avenida 26 de Bogotá, siendo una autopista de alta velocidad y su variación acorde a la cantidad de luces de tráfico instaladas. Los resultados muestran que los conductores reducen la velocidad cuando el número de vehículos incrementa con un promedio de velocidad básico alrededor de 37 a 68 Km/h.

Existen mayor número de modelos de simulación microscópico validados en Latinoamérica respecto al tráfico macroscópico. Un proyecto reciente en Pueblo Libre, Lima fue realizado con el software VISSIM 6.0. La mejora presenta una mejora al ciclo de las luces de tráfico y la redistribución de los vehículos en las vías [14]. Un proceso estadístico del análisis de resultados revela un diseño eficiente y una solución óptima para la congestión del tráfico vehicular. Otro país con esta

problemática es Ecuador. En 2014, es desarrollada una solución con inteligencia artificial para implementar en la ciudad de Ambato [15]. El problema de origen-destino de tráfico vehicular es probado con algoritmos genéticos. Las rutas de la rede de transporte público fueron mejoradas a través de un problema matemático subyacente.

Para proponer soluciones para el modelamiento de tráfico en Latinoamérica es necesario considerar los siguientes tópicos de ingeniería: soluciones de redes de comunicación como enrutamiento, inteligencia artificial, big data y nuevas tecnologías emergentes como Internet of Things –IoT. Sin embargo la principal característica de una solución de tráfico vehicular es el algoritmo de solución o la técnica para detectar la ruta más confiable y disponible para dirigir los vehículos en diferentes vías y priorizar el tráfico de emergencias.

Una consideración óptima en un estándar de solución para modelamiento de tráfico vehicular es presentada en la figura 2. El primer paso es identificar el área de tráfico y revisar los trabajos relacionados para mejorar el modelo de la idea. Luego el tipo de vehículo determina el sub-área de como un bus en el transporte público o transporte rural o un vehículo de emergencia en un accidente en una o un desastre urbano. Adicional el tipo de vehículo en el modelamiento de tráfico define el modelo de un plan individual o universal. La diferencia está basada en la inclusión del algoritmo de procesamiento en un plan universal. El plan individual solo procesa la ruta en el algoritmo de solución. Después identifica el área o sub-área, luego el proceso principal es seleccionar el enfoque del software de modelamiento. La selección del modelo de simulación descrito en la figura 2 mejora la precisión de los resultados del algoritmo. Finalmente la técnica es entrenada con una función de aptitud de un algoritmo genético, algoritmo heurístico, algoritmo meta-heurístico, entre otros.

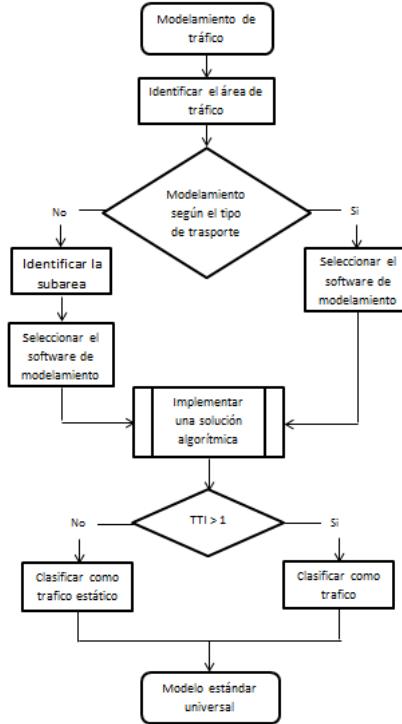


Fig. 2. Algoritmo universal para diseñar un modelo de software de simulación de tráfico vehicular

El escenario de tráfico es definido por el indicador del tipo de tráfico. El cual indica si el tráfico es dinámico o estático, basado en los tiempos de predicción de llegada en este caso de vehículos a una intersección o punto de evaluación y los tiempos reales de llegada de los vehículos esperados.

4 Conclusiones

La clasificación del transporte y los modelos de software de simulación de redes vehiculares mejoran la efectividad en diseños futuros de métodos de solución en contra de la congestión vehicular. El modelo estándar para desarrollar varios métodos ayuda para incluir diferentes modelos ya estipulados en otras redes y mejorarlos e inclusive implementarlos con otras soluciones en este problema. El mayor problema es generar soluciones de tipo individual y aplicarlos en lugares remotos. Por este motivo es necesario considerar el desarrollo de un software de modelamiento universal para implementarlo en cualquier lugar. Considerando un modelo universal el problema de congestión vehicular puede ser mitigado o resuelto. Aunque múltiple modelos de software en tráfico vehicular pueden incrementar su función y ser modelos universales, para ello deben considerar seguir el modelo estándar propuesto de análisis en su rediseño para implementar en escenarios reales de las ciudades de Latinoamérica.

Finalmente, se plantea una estrategia para el modelamiento vehicular mediante la inserción de algoritmos como una solución prometedora para el enrutamiento de vehículos. La principal razón es la eficiencia de encontrar el destino en menos tiempo y generar una baja probabilidad de congestión. También puede ser la solución inicial para ampliar otras variables de estudio del tráfico vehicular. La probabilidad de bloqueo en redes de datos u ópticas puede ser comparada con el rendimiento sobre las vías de alta congestión.

Reconocimientos. Especial agradecimiento al grupo de investigación GISSIC and TIGUM de la Universidad Militar Nueva Granada por la ayuda de la vicerrectoría de investigaciones con el proyecto ING-2108 e ING-2114.

Referencias

1. Estimaciones de población 1985-2005 y proyecciones de población 2005-2020 nacional, departamental y municipal por sexo, grupos quinquenales de edad. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Colombia, Accedido 2016 Noviembre 02. Disponible en:
http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/Municipal_area_1985-2020.xls
2. Aporte de movilidad a la transformación de Bogotá en una Smart City. Secretaría Distrital de Movilidad, Sistema inteligente de transporte, Bogotá, Colombia, Accedido 2016 Noviembre 02. Disponible en: <http://www.movilidadbogota.gov.co/?pag=2358>
3. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Book Compendio Estadístico 2015 [online]. Lima, Perú 2015. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1251/Libro.pdf
4. El caos vehicular de Lima tiene solución. Gestión El Diario de Economía y Negocios de Perú, Perú, accedido 2016 Noviembre 05. Disponible en: <http://blogs.gestion.pe/impactoambiental/2015/01/el-caos-vehicular-de-lima-tiene-solucion.html>
5. Estimativas da população residente nos municípios brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2015. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Diretoria de Pesquisas - DPE - Coordenação de População e Indicadores Sociais – COPIS, Brasil, accedido 2016 Noviembre 05 . Disponible en: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa_tcu.shtm
6. O que são faixas reversíveis. Companhia de Engenharia de Tráfego (CET), Brasil, accedido 2016 Noviembre 07. São. Disponible en: <http://www.cetsp.com.br/consultas/seguranca-e-mobilidade/o-que-sao-faixas-reversiveis.aspx>
7. R.Daniel; N. Pablo and Q. Nicanor. “Control y simulación de tráfico urbano en Colombia: Estado del arte”. vol.29, pp.59-69 (2009), Edicion electrónica, 2016 (citado 07 Noviembre 2016). Disponible en URL: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932009000100008&lng=en&hrm=iso, ISSN 0121-4993.
8. R. Murcia H: Evaluación de herramientas de simulación de Redes Vehiculares. M.Sc. Dissertation. Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Sep.2010.
9. G.Kotusevski, K.Hawick.: A review of traffic simulation software. Res. Lett. Inf. Math. Sci., Vol. 13, pp. 35–54(2009)
10. Behrisch, M., & Erdmann, J: Comparing Emission and Traffic Flow models of different categories. In Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS), International Conference on (pp. 164-168). IEEE (2015).

11. Pedraza, L. F., Hernandez, C. A., & Salcedo: Intelligent Model Traffic Light for the City of Bogota. In Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference. CERMA'08 (pp. 354-359). IEEE. (2008).
12. Caballero, L. C., Choy, J. L. C., & Micheline, R. B. (2015, October). RIMAC project: Open urban routing information system fed by real time reliable sources. Italia. In Smart Cities Conference (ISC2), IEEE First International, (pp. 1-6).
13. Naranjo-Torres, D.: Análisis de la relación velocidad-densidad vehicular de la avenida calle 26 en Bogotá. Ingenio Magno, Vol. 6(1), 76-88 (2015).
14. Alcalá Ramos, M. A. Micro simulación del tráfico de la intersección de las avenidas Bolívar, Córdoba y calle Andalucía empleando el software VISSIM 6. 2016.
15. Aldás, M. R., & Flores, M. J.: Modelo origen destino para estimar el flujo de tráfico usando algoritmos genéticos. Maskana, Vol. 65(Supl.). 2016