

SISTEMAS DE CONTROL DE SEMÁFOROS: SECUENCIA DE DURACIÓN FIJA VS. CONTROL ADAPTATIVO¹

Krujoski, Matías G.²; Linder, Germán G.³; Kolodziej, Javier E.⁴; Garassino, Sergio A.⁵

¹ Trabajo de Investigación, Proyecto del Programa de Incentivos y del Programa Universidad y Transporte

² Becario de Investigación, Estudiante de Ing. Electrónica, matiaskrujoski@gmail.com

³ Becario de Investigación, Estudiante de Ing. Electrónica, germangabriellinder@gmail.com

⁴ Co-director de Proyecto, Dr. Ing. Electrónico, javierkolodziej@gmail.com

⁵ Director de Proyecto, Mgter. Ing. Electrónico, garassino@fio.unam.edu.ar

Resumen

Basándose en la experiencia que el Grupo de Investigación en Ingeniería Electrónica posee en el desarrollo de sistemas de control de semáforos [1], en el proyecto de investigación se propone el desarrollo y puesta en funcionamiento de un sistema de control de tráfico a través de semáforos de secuencia adaptativa. Numerosos municipios de la provincia de Misiones presentan un trazado urbano caracterizado por la presencia de una sola vía de circulación rápida interceptada por numerosas vías secundarias de circulación lenta. Esta topología urbana genera inconvenientes a la circulación fluida del tránsito y en especial a la seguridad vial. La solución típicamente adoptada consiste en instalar sistemas de semáforos de secuencia con temporización fija. Esto genera retrasos y embotellamientos en el tránsito cuando las condiciones del tráfico no son exactamente compatibles con las condiciones en que fueron calibrados los temporizadores de la secuencia. Un sistema de control adaptativo de semáforos se plantea como alternativa para mejorar la eficiencia y fluidez del tráfico urbano en las intersecciones complejas dentro de los municipios de la Provincia de Misiones. El presente artículo exhibe una comparación conceptual entre la semaforización de secuencia fija y los sistemas de control adaptativo; con el enfoque de destacar las ventajas ofrecidas por éste último y su potencial para satisfacer las exigencias impuestas por el proyecto.

Palabras Clave: *semáforos – control adaptativo – lógica difusa*

Introducción

Muchos de las ciudades importantes de la Provincia de Misiones han experimentado en los últimos años un crecimiento vertiginoso del parque automotor, este incremento del flujo de vehículos sumado a la geografía urbana particular de cada sitio exigen la implementación de sistemas de control dedicados a organizar el tráfico. Debido a la cultura del lugar y la distribución urbana, muchas de las intersecciones de calles presentan tráfico de características variables; dónde no es posible identificar un comportamiento repetitivo. Esto se suma a las numerosas intersecciones de calles principales con secundarias, donde se considera que la prioridad de paso para los vehículos es asimétrica; sin embargo, en determinados momentos existe un afluente mayor de vehículos provenientes desde las vías secundarias hacia la principal. En este contexto, la semaforización con secuencia fija causa retrasos que conllevan problemas de seguridad vial y contaminación ambiental [2].

El proyecto de investigación apunta a desarrollar un sistema de semáforo adaptativo para intersecciones con prioridad asimétrica, que incorpore las unidades de detección de vehículos, comunicación y algoritmos de control para la toma de decisiones; con especial ahínco en la reducción de los costos de implementación, para lograr una alternativa económicamente viable en el contexto previsto de instalación. De esta forma se pretende mejorar las condiciones de circulación y seguridad vial en municipios de la Provincia de Misiones.

Metodología

El control autónomo del tráfico en las intersecciones de calles se hace tradicionalmente a través de un sistema de luces, conocidas como semáforos; el funcionamiento de éstos es muy sencillo, la luz de color verde habilita la circulación de vehículos sobre la vía en que se encuentra dispuesto el semáforo, y la luz de color rojo impide la circulación de vehículos; además, se incorpora una tercera luz de color amarillo con el objeto de advertir a los conductores y peatones sobre el cambio inminente de estado. La secuencia y duración en que estas combinaciones de luces son accionadas, define el comportamiento que tendrá el tráfico en la intersección donde está dispuesto el semáforo. La duración de los estados de las luces puede ser controlada básicamente según las siguientes técnicas:

SECUENCIA DE DURACIÓN FIJA

Esta es la técnica tradicionalmente utilizada para el control de semáforos; requiere un estudio que permita caracterizar el tráfico en un modelo repetitivo. Con este enfoque, cada estado de las luces del semáforo es programado con una duración fija. Tomando como ejemplo la intersección exhibida en la Figura 1, donde se considera que la vía de doble sentido de circulación posee mayor prioridad de paso que la vía secundaria.

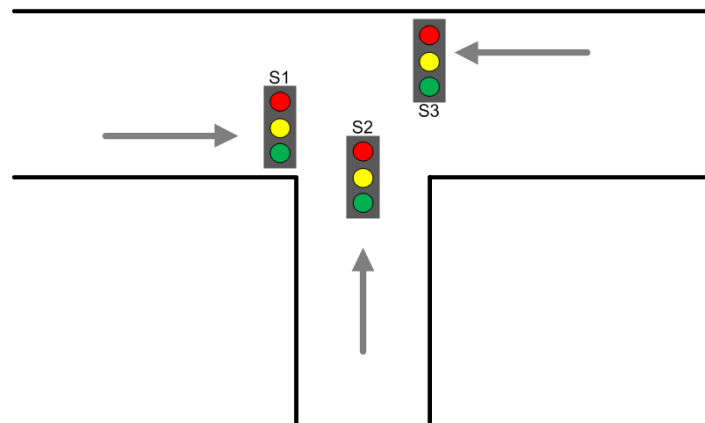


Figura 1: Intersección de Calles con Prioridad asimétrica

En la Figura 2 se presenta una gráfica que describe el estado de las luces de los semáforos (S1, S2 y S3) de la intersección presentada, según el enfoque de “secuencia de duración fija”.

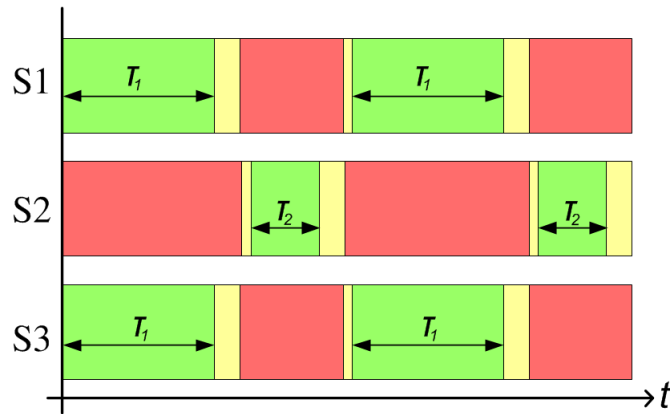


Figura 2: Secuencia fija de control

En función del estudio que permite modelar el tráfico de la intersección, se definirán los tiempos T_1 y T_2 de la secuencia fija; pero ésta temporización preestablecida acarrea varios inconvenientes si las condiciones de tráfico se modifican respecto del parámetro adoptado como referencia, produciéndose embotellamientos y largas esperas innecesarias [2].

CONTROL ADAPTATIVO

Para el desarrollo del presente proyecto se propone recurrir a técnicas de lógica difusa que permiten optimizar la secuencia de las luces en función de las condiciones reales del tráfico [3]. Por lo tanto, se hace necesario incorporar instrumentos de medición que determinen en tiempo real la cantidad de vehículos que confluyen en cada vía de la intersección controlada. Recurriendo al mismo ejemplo de la Figura 1, con la aplicación de las técnicas de control adaptativo por lógica difusa las secuencias para esta intersección pueden resultar como en la Figura 3 y Figura 4 para dos condiciones diferentes de tráfico.

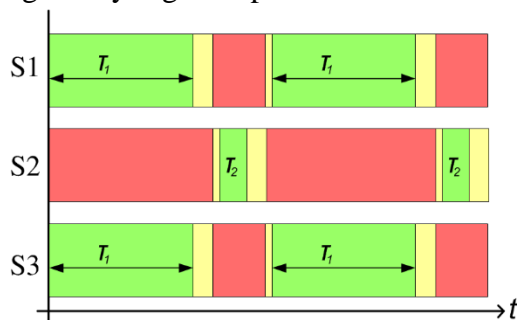


Figura 3: Secuencia con poco tráfico desde vía secundaria, T_2 mínimo

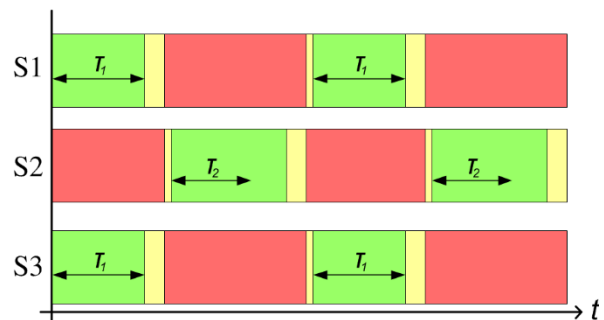


Figura 4: Secuencia con tráfico intenso desde la vía secundaria y tráfico reducido en la vía primaria

En la Figura 3 se puede apreciar como el controlador reajusta la duración de las luces verdes cuando el tráfico que fluye desde la vía secundaria es muy reducido; esto permite hacer más fluida la circulación en la vía principal. En cambio, cuando el tráfico proveniente desde la vía secundaria es muy intenso y en la vía primaria es reducido, la secuencia se puede reasignar como en la Figura 4 y de esta forma evitar largas esperas sobre la calle secundaria. Para evaluar el desempeño de las técnicas de control propuestas, se compararán los resultados obtenidos en diversas condiciones de tráfico simulado sobre diferentes tipos de intersecciones de calles; en esta comparación, se tomará como referencia el funcionamiento de las mismas intersecciones con control de secuencia fija, para así demostrar la mejoría introducida por los algoritmos adaptativos. El parámetro de comparación individual a

verificar, será el tiempo de espera que cada vehículo ha de realizar para trasponer la intersección [4]; con el objetivo de que las técnicas de control adaptativo logren reducir el promedio de dicho tiempo de espera. Además, como una medida global de la eficiencia del sistema de semáforos, se comparará la longitud o extensión de las colas de autos formadas en las calles concurrentes a la intersección.

Resultados y Discusión

El proyecto descrito en el presente artículo se encuentra en su primera etapa de ejecución; de modo que aún no se disponen de resultados tangibles. Sin embargo; el estudio del estado del arte ha permitido al equipo encontrar información promisoría que fomenta la línea de trabajo adoptada para alcanzar los objetivos planteados. En el mismo sentido, no se ha encontrado documentación que certifique la realización práctica de sistemas de similares características con la premisa de reducción de costos en la implementación.

Conclusiones

Considerando el prematuro estado de desarrollo del proyecto, y la información recopilada se puede concluir que la utilización de las técnicas de control adaptativo a través de lógica difusa permitirá construir el sistema de semáforos planteado dentro de los límites de presupuesto establecidos para el desarrollo del proyecto.

Referencias

- [1] S. A. Garassino y F. Botterón, «Sistema de Control Modular de Tráfico Urbano en Base a Microcontroladores,» Revista Imágen, ISSN 0328-9729, vol1, no. 5, pp 23-31, 1998.
- [2] I. Adam, A. Wahab, M. Yaakop, A. Abdul Salam y Z. Zaharudin, «Adaptive Fuzzy Logic Traffic Light Management System,» de *International Conference on Engineering Technology and Technopreneurship (ICE2T 2014)*, Gombak, 2014.
- [3] G. Klir y B. Yuan, *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications*, New Jersey: Prentice Hall, 1995.
- [4] K. T. Kok, K. Marzuki y Y. Rubiyah, «Intelligent traffic lights control by fuzzy logic,» *Malaysian Journal of Computer Science*, vol. 9, nº 2, pp. 29-35, 1996.