

























simulación con las limitaciones inherentes a este método. La construcción de un sistema basado en prototipos reales permitiría obtener una mejor evaluación del control presentado. Esto se debe a que se las variables no controlables en un entorno real aparecerían al implementarse un sistema prototipado. Otra línea de trabajo es la implementación de algoritmos de control dinámico de manera que cada semáforo pueda cambiar el tipo de control entre tiempos fijos, o dar prioridad a peatones o vehículos dependiendo del flujo de vehículos, es decir de la demanda. A través de dispositivos que detectan los vehículos, los semáforos pueden predecir las variaciones de las tasas de llegada y poder variar el algoritmo de control según la opción más óptima. A partir de una arquitectura donde diversos dispositivos inteligentes pueden proporcionar información a semáforos más o menos cercanos, es sencilla la inclusión de detección de atascos más allá del cruce, para regular el acceso al atasco y evitar una saturación mayor. Para desarrollar los algoritmos de control avanzados será necesario disponer de los datos de las simulaciones. Aunque en el trabajo presentado en el artículo los datos se almacenan en una hoja de cálculo, el uso de bases de datos donde se almacenen todos los detalles de la simulación, como posiciones de vehículos, permitiría comparar los algoritmos en condiciones similares. Finalmente, es muy interesante estudiar la coordinación entre diferentes cruces para lograr olas verdes dependientes de la demanda y no exclusivas de una vía, tal como están implementadas dichas olas actualmente.

## Agradecimientos

Trabajo apoyado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España Proyecto MICINN: CICYT PRECON-14: “Sistemas informáticos predecibles y confiables para la Industria 4.0” TIN2017-86520-C3-1-R.

## Acronimos

Acronimo	Significado
DCS	Distributed Control System
I2I	Infrastructure to Infrastructure
RTL	Real Traffic Light
SDG	Sustainable Development Goals
TMS	Traffic Management System
VANET	Vehicular Ad-hoc NETWORKS
VTL	Virtual Traffic Lights
WSN	Wireless Sensor Network

## Referencias

Al-qutwani, M., Wang, X., 2019. Smart traffic lights over vehicular named data networking. *Information* 10 (3), 83.

Banister, D., 2011. Cities, mobility and climate change. *Journal of Transport Geography* 19 (6), 1538–1546.

Beaver, L. E., Chalaki, B., Mahbub, A. I., Zhao, L., Zayas, R., Malikopoulos, A. A., 2020. Demonstration of a time-efficient mobility system using a scaled smart city. *Vehicle System Dynamics* 58 (5), 787–804.

Burguillo-Rial, J. C., Rodríguez-Hernández, P. S., Montenegro, E. C., Castiñeira, F. G., 2012. History-based self-organizing traffic lights. *Computing and Informatics* 28 (2), 157–168.

Chen, L.-W., Chang, C.-C., 2016. Cooperative traffic control with green wave coordination for multiple intersections based on the internet of vehicles. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems* 47 (7), 1321–1335.

De Souza, A. M., Brennand, C. A., Yokoyama, R. S., Donato, E. A., Madeira, E. R., Villas, L. A., 2017. Traffic management systems: A classification, review, challenges, and future perspectives. *International Journal of Distributed Sensor Networks* 13 (4), 1550147716683612.

Gao, K., Huang, S., Han, F., Li, S., Wu, W., Du, R., 2020. An integrated algorithm for intersection queue length estimation based on iot in a mixed traffic scenario. *Applied Sciences* 10 (6), 2078.

Griggs, D., Stafford-Smith, M., Gaffney, O., Rockström, J., Öhman, M. C., Shyamsundar, P., Steffen, W., Glaser, G., Kanie, N., Noble, I., 2013. Policy: Sustainable development goals for people and planet. *Nature* 495 (7441), 305.

Hartanti, D., Aziza, R. N., Siswipraptini, P. C., 2019. Optimization of smart traffic lights to prevent traffic congestion using fuzzy logic. *TELKOMNIKA Telecommunication Computing Electronics and Control* 17 (1), 320–327.

Hernández Bel, A., 2020. Dispositivo modular configurable para la detección de vehículos, y viandantes, y con soporte a la iluminación de la vía e información de tráfico. Tech. rep., Universitat Politècnica de València.

Jang, H.-C., Lin, T.-K., 2018. Traffic-aware traffic signal control framework based on sdn and cloud-fog computing. In: 2018 IEEE 88th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall). IEEE, pp. 1–5.

Lämmer, S., Helbing, D., 2008. Self-control of traffic lights and vehicle flows in urban road networks. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment* 2008 (04), P04019.

Liang, X., Du, X., Wang, G., Han, Z., 2018. Deep reinforcement learning for traffic light control in vehicular networks. arXiv preprint arXiv:1803.11115.

Liu, H. X., Wu, X., Ma, W., Hu, H., 2009. Real-time queue length estimation for congested signalized intersections. *Transportation research part C: emerging technologies* 17 (4), 412–427.

Mahbub, A., Salmasi, F. R., Najafabadi, T. A., 2017. A hierarchical smart street lighting system with brute-force energy optimization. *IEEE Sensors Journal* 17 (9), 2871–2879.

Navarro, J., Vidaña-Vila, E., Alsina-Pagès, R. M., Hervás, M., 2018. Real-time distributed architecture for remote acoustic elderly monitoring in residential-scale ambient assisted living scenarios. *Sensors* 18 (8), 2492.

Pell, A., Meingast, A., Schauer, O., 2017. Trends in real-time traffic simulation. *Transportation research procedia* 25, 1477–1484.

Plączek, B., 2014. A self-organizing system for urban traffic control based on predictive interval microscopic model. *Engineering applications of artificial intelligence* 34, 75–84.

Poza-Lujan, J.-L., Posadas-Yagüe, J.-L., Simó-Ten, J.-E., Blanes, F., 2020. Distributed architecture to integrate sensor information: Object recognition for smart cities. *Sensors* 20 (1), 112.

Poza-Lujan, J.-L., Uribe-Chavert, P., Sáenz-Peñañiel, J.-J., Posadas-Yagüe, J.-L., 2021. Distributing and processing data from the edge: a case study with ultrasound sensor modules. In: *International Symposium on Distributed Computing and Artificial Intelligence*. Springer, pp. 190–199.

Poza-Lujan, J.-L., Uribe-Chavert, P., Sáenz-Peñañiel, J.-J., Posadas-Yagüe, J.-L., 2022. Processing at the edge: A case study with an ultrasound sensor-based embedded smart device. *Electronics* 11 (4), 550.

Sachs, J. D., 2012. From millennium development goals to sustainable development goals. *The Lancet* 379 (9832), 2206–2211.

Simarro Fernández, R., Simó Ten, J. E., Navarro Herrero, J. L., Poza-Luján, J.-L., Posadas-Yagüe, J.-L., 2016. Núcleo de control: Controladores modulares en entornos distribuidos. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial (RIAI)* 13 (2), 196–206.

Tiapraser, K., Zhang, Y., Wang, X. B., Zeng, X., 2015. Queue length estimation using connected vehicle technology for adaptive signal control. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 16 (4), 2129–2140.

Tubaishat, M., Shang, Y., Shi, H., 2007. Adaptive traffic light control with wireless sensor networks. In: 2007 4th IEEE Consumer Communications and Networking Conference. IEEE, pp. 187–191.

Uribe Chavert, P., 2020. Sistema de control de tráfico automático basado en dispositivos modulares heterogéneos. Tech. rep., Universitat Politècnica de València.

Wen, W., 2008. A dynamic and automatic traffic light control expert system for solving the road congestion problem. *Expert Systems with Applications* 34 (4), 2370–2381.