

Sistema de información autónomo y de bajo coste para conocer el estado de las carreteras en tiempo real

P.A. Castillo, P. García-Sánchez, A.M. Mora, M.G. Arenas,
G. Romero, J.J. Merelo ¹ P. García-Fernández ² A. Romeo, M. Aragón ³

Resumen—Dados los beneficios de un sistema de información sobre el estado del tráfico y de predicción del uso de la red viaria por parte de los vehículos, se plantea el desarrollo de un sistema de información de bajo coste y autónomo para monitorizar el tráfico y conocer el estado de las carreteras en tiempo real. En este sentido, el trabajo presenta el inicio del proyecto SIPEsCa, cuyos objetivos son disponer de información acerca de los flujos de tráfico que se producen entre ciudades, para facilitar la gestión de los desplazamientos por parte de los ciudadanos.

Palabras clave— Ubicuidad, Intelify, Sistemas de bajo coste, Monitorización, SIPEsCa

I. INTRODUCCIÓN

CONTAR con un sistema de información sobre el estado del tráfico y la predicción del uso de la red viaria por parte de los vehículos se antoja clave en el contexto actual. Con una población cada vez más informada y con dispositivos de comunicación ubicuos que poseen y usan habitualmente prácticamente el 90% de la población, obtener información sobre cómo se encuentra el tráfico en cualquier momento en cualquiera de los casi 20.000 kilómetros con los que cuenta la red viaria nacional, significaría poder gestionar de manera óptima una red de comunicaciones vital para un porcentaje elevado de usuarios.

Tal sistema ayudaría a las políticas urbanísticas y de ordenación territorial coordinadas con las de movilidad al reducir la necesidad de desplazamiento al poder planificar los ciudadanos sus desplazamientos (incluso en transporte público).

La aplicación de esta propuesta en el transporte supondría disponer de un sistema de información sobre el estado del tráfico y de predicción del uso de la red viaria por parte de los vehículos. También ayudaría a gestionar de manera óptima una red de comunicaciones vital para un porcentaje elevado de usuarios.

La primera consecuencia directa sería un aprovechamiento más eficiente del uso de los vehículos en los desplazamientos, por lo que se podría esperar un menor número de trayectos en vehículo privado, o al menos más optimizados, lo que redundaría directamente en una cantidad menor de CO₂ expulsado.

Estos objetivos son los que nos hemos planteado en

el presente desarrollo, y pasan por contar con un sistema de información y de predicción de tráfico para que puedan ser utilizados con el fin de reducir los desplazamientos individuales, así como incrementar los desplazamientos en transporte público.

Nuestro objetivo final es disponer de información acerca de los flujos de tráfico que se producen entre ciudades, lo que permitirá poder gestionar de manera óptima las decisiones de desplazamiento por parte de los ciudadanos.

La idea es obtener un sistema de ayuda a la toma de decisiones, capaz de aplicar conocimiento en aplicaciones comerciales relacionadas con la movilidad. Para ello, el procesamiento de los datos adquiridos con estos sistemas requiere de algoritmos complejos de minería de datos [1], computación evolutiva [2], [3], [4] y redes neuronales [5], [6], [7], aprendizaje automático [8] y de métodos estadísticos [9], [10], [11], que se irán desarrollando e integrando como servicios web [12], [13] en el sistema.

Por tanto, encontramos que se tienen varias necesidades desde el punto de vista de la gestión del transporte:

- Se necesitará un dispositivo autónomo y versátil de recogida de datos y monitorización.
- Además es necesario recopilar los datos del tráfico en tiempo real.
- Una vez se tienen los datos, hay que procesarlos de manera correcta para poder ofrecer la información específica necesaria.
- Y por último, se necesita un sistema que teniendo en cuenta la evolución de los actuales sistemas de información, permita poder compartir esos datos con aquellos que toman decisiones sobre movilidad, no sólo desde el punto de vista institucional sino también desde el punto de vista personal.

Por último, y máxime en el contexto actual, se necesita un sistema de información que sea de bajo coste, que permita su amortización de la manera más rápida posible y que posibilite que sea capitalizado por parte de todo tipo de agentes en la ciudad.

El resto del trabajo está organizado como sigue: En la Sección II se recopilan las tecnologías utilizadas en la actualidad para monitorizar el tráfico que pasa por cierta zona. La Sección III detalla los objetivos planteados en este trabajo, en el contexto del proyecto SIPEsCa. En la Sección IV se presenta el dispositivo de recopilación de datos Intelify, con

¹Departamento de Arquitectura de Computadores. CITIC. Universidad de Granada. e-mail: pedro@geneura.ugr.es.

²Departamento de Electrónica y Tecnología de Computadores. Universidad de Granada.

³Ciudad 2020. Bobject S.L. Córdoba

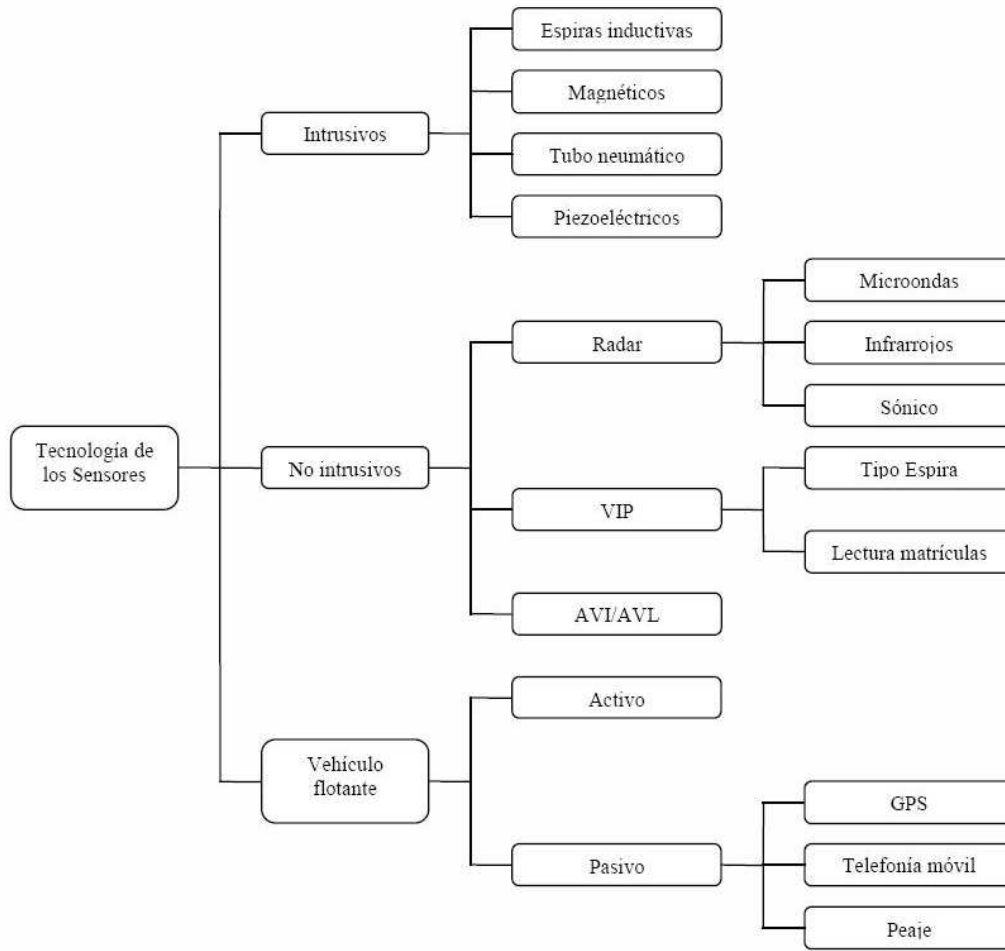


Fig. 1. Clasificación de los sistemas de información para transporte en función de la intrusividad de la tecnología.

el que ya se ha comenzado a trabajar. Por último, se presentan una serie de conclusiones y trabajos futuros (Sección V).

II. TECNOLOGÍAS ACTUALES

Los sistemas de información aplicados a la recopilación de datos y generación de información sobre el estado de las carreteras se clasifican por la inmediatez en la obtención de los datos (la toma de datos se define como directa cuando la fuente obtenga el dato estudiado sin utilizar algoritmos adicionales), por la exhaustividad en la recopilación (la toma de datos será casi exhaustiva, cuando su representatividad sea casi total, es decir cuando el número de medidas tomadas coincida con el número de usuarios de ese tramo de la red) y por la intrusividad que tengan estos. La Figura 1 muestra una clasificación de los sistemas de información en función de la intrusividad de la tecnología.

Principalmente, los sistemas utilizados en la actualidad son:

- tubos neumáticos o aforadores (sensores de ejes que detectan el paso del vehículo),
- detectores de lazo o espiras (detectan el paso del vehículo por variación de la masa magnética sobre el lazo),

- vehículos flotantes (dotados de sensores que recoge información mientras circula por una ruta predefinida), y
- sistemas de identificación automática de vehículos (en los telepeajes).

La principal desventaja de estos sistemas es que no tienen capacidad para identificar e individualizar los vehículos que detectan, por lo que no es posible la elaboración de matrices origen/destino dinámicas con infraestructuras basadas en ellos. Sólo es posible saber que han pasado un número de vehículos y la tipología de los mismos, pero no permite conocer los flujos de movimiento tal y como se producen. Además, su coste elevado hace muy poco rentable cubrir la red de carreteras secundarias con ellos, por lo que se suelen ubicar en vías principales y en salidas de grandes núcleos de población.

III. OBJETIVOS PERSEGUIDOS Y RESULTADOS PREVISIBLES

El objetivo principal del desarrollo presentado es conseguir un sistema de información autónomo (desde un punto de vista energético), que sea de bajo coste, de rápida implantación y de alta fiabilidad, tal que informe sobre las condiciones del tráfico en tiempo real, no sólo para las instituciones y organis-



Fig. 2. Caja estanca para la colocación en exteriores del dispositivo de recopilación de datos.



Fig. 3. Dispositivo Intelify con el modem USB para conexión 3G conectado.

mos encargados de la regulación y control del tráfico, sino también a usuarios particulares (a través de alertas móviles, mediante web, etc.), y que gracias a la recopilación y procesado de datos permita predecir el comportamiento futuro.

Por tanto existen diferentes elementos en el sistema de información propuesto y que ya están en desarrollo:

- Sistema de recopilación de datos: se han estudiado tres posibilidades: escaneo de dispositivos Bluetooth, dispositivos WiFi e implantación de tags RFID en vehículos. Así, el dispositivo autónomo montará estos dispositivos para la captura de frecuencias a altas velocidades (se utilizarán y configurarán tanto en hardware como en software). Adicionalmente el sistema usa una conexión 3G para enviar los datos obtenidos de los demás sensores al servidor de almacenamiento.
- Sistema de alimentación autónomo: Se ha elegido y personalizado una caja para alojar la tecnología que resista todo tipo de condiciones

meteorológicas (ver Figura 2) y de posibles actos vandálicos y que deberá ser ubicada en los márgenes de las carreteras a monitorizar. Junto con la caja, se está desarrollando un sistema de alimentación autónomo haciendo uso de energías renovables y autónomas como luz solar, pilas, etc.

- Sistema de procesado de datos para almacenar correctamente todos los datos generados y servirlos a través de un servicio web.
- Servicio de información para facilitar toda la información a los usuarios interesados en conocer el estado de las carreteras.
- Configuración de los elementos de software necesarios para la predicción mediante mecanismos de inteligencia artificial de los comportamientos futuros de los usuarios del transporte.

Los objetivos anteriormente fijados se están desarrollando, desde el punto de vista hardware, mediante:

- El desarrollo e implantación de 15 dispositivos autónomos para la recopilación de la infor-



Fig. 4. Configuración de un dispositivo Intelify como *check-in point* para comunicar la presencia de personas en las principales redes sociales.

mación sobre la movilidad, encargados de enviar la información a los servidores para el posterior procesamiento de la información (ver la Sección IV para más detalles sobre el hardware del dispositivo), y

- La configuración del sistema montado en un vehículo de transporte para hacer pruebas (equipado con un dispositivo móvil con Bluetooth y Wifi activado, además de un chip de medio/largo alcance para la identificación).

Desde el punto de vista de servicios web [12], [13] y herramientas de información, están en desarrollo:

- Website con un panel de información que permitirá conocer los principales datos de movilidad en tiempo real a partir de la información recopilada,
- Servicio de alertas automatizado y en tiempo real cuando se cumplan una serie de condiciones dadas,
- Servicio web para la consulta y extracción de datos por parte de sistemas de información de terceros en tiempo real del sistema, y
- Servicio de predicción de los flujos de movimiento.

IV. EL DISPOSITIVO HARDWARE DE RECOPIACIÓN DE DATOS

El desarrollo del sistema hardware se está llevando a cabo a partir del dispositivo Intelify [14] (ver las Figuras 3 y 4).

Todo el sistema es posible gracias a la tecnología que ha desarrollado Ciudad 2020 [15], [16] y que está compuesta básicamente por una unidad autónoma que recopila información del entorno y que es capaz de enviar la información a unos servidores centrales que interpretan la información. La Tabla I detalla

las características principales del dispositivo.

El dispositivo autónomo Intelify es un pequeño ordenador autónomo que se implanta en cualquier zona que se desee monitorizar. Cuenta para ello con una serie de sensores que permiten interpretar la información del entorno, entre otras, el flujo de personas/vehículos que pasan, el ruido del entorno así como la temperatura existente.

Ciudad 2020 es una empresa TIC de Córdoba cuya misión es conectar la realidad del entorno, para poder medirla, analizar y tomar decisiones en función de la información extraída. Su principal objetivo es organizar la información del entorno físico para ayudar en la toma de decisiones a todo tipo de organizaciones en función del análisis del flujo y comportamiento de las personas. Trabaja principalmente en la Internet de las cosas [17], sociometría [18] y reality mining [19], [20], [21].

La tecnología desarrollada por Ciudad 2020 y los servicios que ofrece se basan en la implantación de una red de dispositivos Intelify repartidos por la ciudad para obtener los datos de movilidad.

Mediante un despliegue de dispositivos autónomos por la ciudad, ofrecen información de importancia entre otros para los sectores turístico y comercial, así como para la movilidad en la ciudad. Concretamente, en [22] se ofrece un servicio de monitorización del paso de personas por las calles céntricas de la ciudad de Córdoba.

V. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este trabajo se ha presentado el punto de partida del proyecto SIPEsCa, como referencia para trabajos posteriores, donde se reflejará la evolución del proyecto y su aplicabilidad a un entorno real.

En dicho proyecto se está desarrollando un sistema

TABLA I
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL DISPOSITIVO INTELIFY

Dimensiones	113 x 163 x 30 mm.
LEDs	Encendido Red 3G activa Red Ethernet activa
Comunicaciones	Ethernet Antena WiFi Antena Bluetooth Modem 3G USB
Puertos USB	Un puerto USB para la antena City Analytics Un puerto USB para conexión 3G
Otros puertos	Conector RS-232 Conector VGA
Alimentación	18 V - 1200mA Conector jack estándar 5,5 mm. exterior y 2,1 mm. interior
Comunicación	Conector RJ45 para red Ethernet Modem USB para conexión 3G
Antenas	Antena USB City Analytics Antena WiFi
Micrófono	Sensor de ruido
Sensor de temperatura	Sensor de temperatura en placa con extrapolación
Cajas	Caja de aluminio de 1,5 mm Posibilidad de exterior
Sistema operativo	Debian 6.0 Squeeze

de información de bajo coste y autónomo para monitorizar el tráfico y conocer el estado de las carreteras en tiempo real.

El objetivo final es disponer de información acerca de los flujos de tráfico que se producen entre ciudades, para facilitar la gestión de la red viaria y la toma de decisiones en los desplazamientos por parte de los ciudadanos.

Gracias al dispositivo autónomo Intelify, el sistema recopila información de forma masiva para su posterior interpretación buscando, por ejemplo, asociaciones dentro de los datos obtenidos, que identifiquen tendencias.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se está desarrollando gracias a la financiación de los proyectos UGR-PR-PP2011-5 del Plan Propio de la Universidad de Granada, TIC-3903 de la Junta de Andalucía, TIN2011-28627-C04-02, y el proyecto FEDER de la Unión Europea con título "Sistema de Información y Predicción de bajo coste y autónomo para conocer el Estado de las Carreteras en tiempo real mediante dispositivos distribuidos" (SIPEsCa) del Programa Operativo FEDER de Andalucía 2007-2013. Asimismo, queremos mostrar nuestro agradecimiento al personal e investigadores de la Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía, Consejería de Fomento y Vivienda, por su dedicación y profesionalismo.



Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA



PROYECTO COFINANCIADO
EN 80% CON FEDER
POR LA UNIÓN EUROPEA

REFERENCIAS

- [1] Trevor Hastie, Robert Tibshirani, and Jerome Friedman, "The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction," *Springer Series in Statistics. Second Edition. Springer*, 2009.
- [2] A.E. Eiben and J.E. Smith, "Introduction to Evolutionary Computing," *Springer, ISBN 3-540-40184-9*, 2003.
- [3] Z. Michalewicz and D.B. Fogel, "How to Solve It: Modern Heuristics," *Springer-Verlag, 2 edition*, 2004.
- [4] Yang X. S, "Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms," *2nd Edition, Luniver Press.*, 2010.
- [5] P.A. Castillo, M.G. Arenas, J.G. Castellano, M.Cillero, J.J. Merelo, A. Prieto, V. Rivas, and G. Romero, "Function approximation with evolved multilayer perceptrons," *Advances in Neural Networks and Applications. Artificial Intelligence Series. Nikos E. Mastorakis Editor. ISBN:960-8052-26-2, pp.195-200, Published by World Scientific and Engineering Society Press*, 2001.
- [6] Victor M. Rivas, J.J. Merelo, I. Rojas, G. Romero, P.A. Castillo, and J. Carpio, "Evolving 2-dimensional fuzzy systems," *Fuzzy Sets and Systems, 138(1):381-398*, 2003.
- [7] P.A. Castillo, J.J. Merelo, M.G. Arenas, and G. Romero, "Comparing evolutionary hybrid systems for design and optimization of multilayer perceptron structure along training parameters," *Information Sciences, 177:2884-2905*, 2007.
- [8] M.G. Arenas, P.A. Castillo, G. Romero, F. Rateb, and J. J. Merelo, "Coevolving multilayer perceptrons along training sets," *In Advances in Soft Computing: 8th Fuzzy Days Proceedings, pages 503-513*, 2005.
- [9] Jiawei Han and Micheline Kamber, "Data Mining : Con-

- cepts and Techniques,” *2nd edition, Morgan Kaufmann, ISBN 1558609016*, 2006.
- [10] T. Hill and P. Lewick, “STATISTICS Methods and Applications,” *StatSoft, Tulsa, Ok*, 2007.
 - [11] R. Nisbet, J. Elder, and G. Miner, “Handbook of Statistical Analysis and Data Mining Applications,” *Academic Press. ISBN 978-0123747655*, 2009.
 - [12] M. P. Papazoglou and W. Van Den Heuvel, “Service oriented architectures: Approaches, technologies and research issues,” *VLDB Journal*, 16(3):389-415, 2007.
 - [13] P. Garcia-Sanchez, J.J. Merelo, J.P. Sevilla, P.A. Castillo, M. Martin, and M. Lopez, “Plataforma de integración de servicios para la administración basada en BPEL y SOA,” *In E. B. Lopez de Roda et al., editor, ACTAS DE LAS III JORNADAS EN SERVICIOS WEB Y SOA (JSWEB 2007), pages 111-118. Thomson Editores Spain S. A.*, 2007.
 - [14] Blobject, “Intelify. do it social,” 2012, <http://www.intelify.net>.
 - [15] Blobject, “Cityanalytics,” 2012, <http://www.cityanalytics.net/?act=faq>.
 - [16] Blobject, “Ciudad2020. blobject s.l.,” 2012, <http://www.cityanalytics.net/?act=nosotros>.
 - [17] N. Eagle and A. Pentland, “Social Network Computing,” *UbiComp 2003: Ubiquitous Computing: 5th International Conference, Seattle, WA, USA, October 12-15, 2003*.
 - [18] N. Eagle and A. Pentland, “Social serendipity: mobilizing social software,” *IEEE Pervasive Computing*. 4(2): p. 28-34, 2005.
 - [19] N. Eagle and A. Pentland, “Reality Mining: Sensing Complex Social Systems,” *Personal and Ubiquitous Computing, Vol 10(4)*, 255-268, 2006.
 - [20] B. Congleton and S. Nainwal, “Mining the Mine: Network Analysis of the Reality Mining Dataset,” *CSCS 535 Networks: Theory and Application, Advisor: L. Adamic*, 2007.
 - [21] N. Eagle, A. Pentland, and D. Lazer, “Inferring Social Network Structure using Mobile Phone Data,” *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) Vol 106(36)*, pp. 15274-15278, 2009.
 - [22] Blobject, “Número de personas,” 2012, <http://www.numerodepersonas.com>.
 - [23] J. P. Levy-Mangin, “Las Redes Neuronales Artificiales,” *NetBiblo S.L. ISBN 9788497452465*, 2008.