

## Sistema de ubicación de transporte urbano usando SCADA

### Urban transport location system using SCADA

LÓPEZ-PADILLA, Gilberto\*†, ZERMEÑO-MARROQUÍN, Gigliola Michelle, LARA-MORENO, Pablo Daniel

*Universidad Tecnológica de León, Blvd. Universidad Tecnológica 225, San Carlos la Roncha, 37670 León, Gto.*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Gilberto, López-Padilla* / ORC ID: 0000-0002-9431-1656, Researcher ID Thomson: S-4615-2018, CVU CONACYT ID: 946903

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Gigliola Michelle, Zermeño-Marroquín*

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Pablo Daniel, Lara-Moreno*

Recibido 10 de Abril, 2018; Aceptado 30 de Junio, 2018

#### Resumen

*Objetivo:* Implementar un sistema de ubicación del transporte urbano usando técnicas SCADA. *Metodología:* 1- Determinación de la máxima tasa de muestro para monitoreo en tiempo real de la red de datos 3G, 2- Implementación de un modelo a escala para probar monitoreo. *Contribución:* En este trabajo se propone la implementación de un sistema de ubicación de vehículos de transporte urbano, de los llamados “orugas” en la ciudad de León Guanajuato, centrado en la viabilidad de la tasa de transferencia de la red de datos 3G de la telefonía celular para mantener un monitoreo confiable del posicionamiento de las unidades y se plantea el uso de técnicas SCADA para realizar dicho monitoreo. Este sistema está pensado para beneficiar al usuario del sistema de transporte, de manera que pueda conocer en tiempo real el tráfico de las unidades con el fin de planificar sus viajes.

**SCADA, Transporte Urbano, Localización, Dispositivos móviles**

#### Abstract

*Objective:* Implement a location system for urban transport using SCADA techniques. *Methodology:* 1- Determination of the maximum sampling rate for real-time monitoring of the 3G data network, 2- Implementation of a scale model to test monitoring. *Contribution:* In this paper, the implementation of a location system for urban transport vehicles is proposed, the so-called "orugas" in the city of León Guanajuato, focused on the viability of the transfer rate of the 3G data network of the cellular telephony to maintain a reliable monitoring of the positioning of the units and the use of SCADA techniques for such monitoring purposes. This system is designed to benefit the users of the transport system, so the users can know in real time the traffic of the units to plan their trips.

**SCADA, Urban Transportation, Location, Mobile devices**

**Citación:** LÓPEZ-PADILLA, Gilberto, ZERMEÑO-MARROQUÍN, Gigliola Michelle, LARA-MORENO, Pablo Daniel. Sistema de ubicación de transporte urbano usando SCADA. Revista de Investigación y Desarrollo. 2018, 4-12: 29-32.

\*Correspondencia al Autor (Correo electrónico: gpadilla@utleon.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En un escenario en el que las personas que usan el sistema de transporte urbano necesiten reducir la incertidumbre de llegar a su destino a tiempo se generan siguientes preguntas: ¿a qué hora pasa el camión?, ¿ya habrá pasado?, ¿dónde viene?, ¿falta mucho?; estas preguntas son solo algunas que se generan día a día. Un modelo basado en SCADA, Supervisory Control And Data Acquisition, permite que el vehículo envíe información por internet a un sistema que puede monitorear la ubicación, aforo y nivel de ocupación del vehículo.

El prototipo de esta aportación, suma técnicas de instrumentación de interfaces de hardware-software que permiten la adquisición de datos, almacenamiento de estos y su tratamiento, para la posterior presentación de información, en una interfaz humano-maquina, la cual es pertinente, oportuna y permite hacer juicios de valor para la toma de decisiones.

Se propone la implementación un sistema de monitoreo de autobuses donde registren datos relevantes para el usuario; un sistema donde pueda el usuario pueda tener control sobre en qué horario tomar el autobús y a su vez tener un pronóstico de su hora de llegada al destino, y aprovechar la tecnología móvil para tener acceso a toda esta información.

Este documento incluye la metodología utilizada para la investigación, se da detalle de los resultados obtenidos y se proporcionan conclusiones donde se describe la viabilidad y trabajo futuro.

## Metodología

### Tipo de investigación

Se realizó una investigación descriptiva para caracterizar desempeños de la línea telefónica celular y su capacidad de proveer la conectividad a tasas de transferencia suficiente para el monitoreo a distancia, a manera de comprobar la factibilidad del proyecto.

### Implementación del prototipo

Una vez probada la viabilidad técnica de los sistemas de comunicación, se procedió a desarrollar infraestructura en pequeña escala para hacer la demostración del prototipo.

## Resultados

### Análisis de la tasa de transferencia

Dado que los sistemas SCADA han sido desarrollados por más de dos décadas el proyecto partió del hecho de que estos sistemas han probado su eficacia. Sin embargo, antes de proceder con el desarrollo del prototipo se tuvo que demostrar que la red de telefonía celular tiene la capacidad del proveer la tasa de transferencia necesaria para un monitoreo efectivo. Los sistemas SCADA se utilizan para monitoreos en tiempo real, determinar qué frecuencias se pueden monitorear en tiempo real depende entonces de la frecuencia de muestreo del sensor de la variable en observación. Por el teorema de Nyquist-Shannon,

$$F_s > 2 F_{max} \quad (1)$$

Se puede deducir que el ancho de banda necesario para un monitoreo en tiempo real debe ser igual a la frecuencia con que se generan las lecturas del sensor, esto es el doble de la frecuencia máxima de la señal de la variable observada.

El tamaño de paquete predeterminado por Microsoft SQL Server es de 4,096 bytes (Microsoft, 2017), de manera que una medición de ancho de banda indicará cuantas consultas se pueden hacer por segundo en promedio.

Se realizaron medidas de ancho de banda usando el sitio [www.bandwidthplace.com](http://www.bandwidthplace.com) para la compañía Virgin y su red 3G obteniéndose los siguientes datos:

Mbps					
0.99	0.94	0.88	0.97	0.99	0.94
0.88	0.99	0.92	0.96	0.95	0.96
0.95	0.99	0.92	0.92	0.90	0.94
0.99	0.95	0.95	0.89	0.94	0.97
0.94	0.94	0.93	0.89	0.94	0.90

**Tabla 1** Muestra de tasas de transferencia de Virgin 3G

Para realizar el contraste de hipótesis estadística del desempeño de la línea telefónica celular, se plantearon las siguientes hipótesis nula y alternativa.

Hipótesis nula  $H_0$ : las tasas de transferencia no siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa  $H_a$ : las tasas de transferencia siguen una distribución normal. El criterio para descartar la hipótesis nula fue  $p > 0.05$ .

Un análisis con herramienta estadística muestra que la distribución es normal con un valor  $p = 0.121$ , con una media de .94 Mbps y una desviación estándar de .033 Mbps (figura 1).

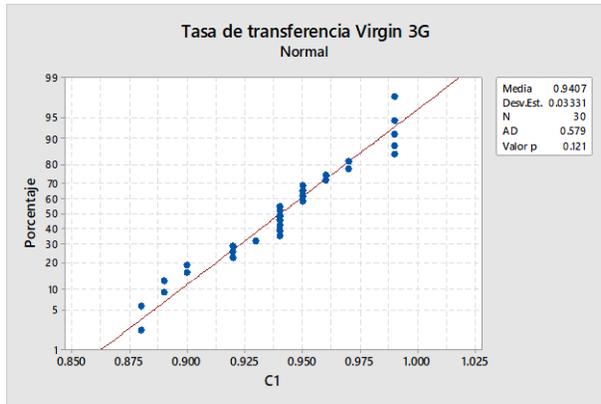


Figura 1 Caracterización del desempeño de la red de datos Virgin 3G

**Interpretación**

Con una tasa de transferencia predecible, entonces se pudieron obtener el número de consultas de SQL que se pueden realizar por segundo a través de la red 3G. Se transformó la consulta típica de SQL a Mbits, esto es 0.03125Mb (2).

$$4096B \left(\frac{8b}{B}\right) \left(\frac{Kb}{1024b}\right) \left(\frac{Mb}{1024Kb}\right) = .03125Mb \quad (2)$$

Si la tasa de transferencia promedio de la red 3G de Virgin es de 0.94Mbps, entonces:

$$0.94Mbps \left(\frac{sql}{0.03125Mb}\right) = 31.33 sql/s \quad (3)$$

O sea que se pueden realizar 31.33 (3) consultas de SQL por segundo a través de la red celular de datos. Una frecuencia de 31.33 eventos por segundo equivale a una frecuencia de 31.33 Hz, por lo que de acuerdo con el teorema de Nyquist-Shannon la señal más alta que se puede monitorear en tiempo real es de 15.66 Hz (1).

Esta frecuencia puede parecer baja para ciertas variables, sin embargo, representa 1,880 puntos de ubicación GPS por minuto.

Esto es: si la velocidad máxima en zona urbana es de 50 km/h, una frecuencia de muestreo de 15.66 Hz equivale a saber la ubicación del vehículo con una exactitud de 44.33cm (4), yendo a la máxima velocidad permitida en las zonas urbanas por las que el transporte urbano puede circular en León Guanajuato.

$$\frac{50Km}{h} \left(\frac{1000m}{Km}\right) \left(\frac{h}{60min}\right) \left(\frac{min}{1880}\right) = 44.33cm \quad (4)$$

Mediante una búsqueda rápida con Google se pueden revisar reportes en los que usuarios de Movistar indican promedios de transferencia de 2Mbps para una red 3G, por lo que las señales monitoreadas pudieran ser de hasta 30 Hz.

**Prototipo**

Para probar la funcionalidad del prototipo se construyó un circuito de línea negra sobre fondo blanco para ser seguido por un vehículo de transporte urbano, “oruga”, a escala. La “oruga” contaba con un “tag” RFID que se leyó usando una tarjeta de evaluación Arduino Uno programada con el IDE propio de esa plataforma, este “tag” se usó para simular un sistema de ubicación GPS.

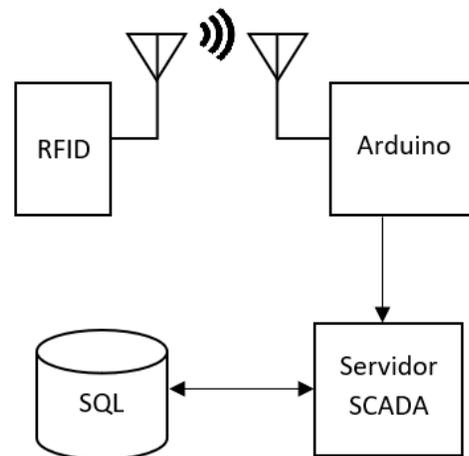
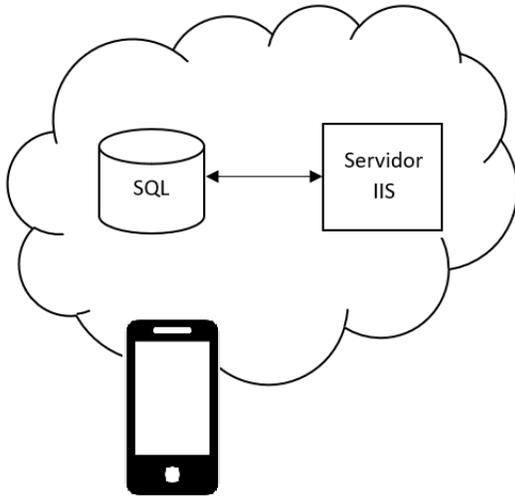


Figura 2 Interacción RFID-SCADA-SQL

Lectores de RFID se colocaron en 4 estaciones simuladas de manera que, al pasar por cada estación, la lectura del “tag” era comunicada a una aplicación que fue programada en C#, llamado servidor SCADA. La función del servidor SCADA fue la de leer datos por el puerto serie provenientes del puerto serie del Arduino y, completada su recepción, escribir el dato en una base de datos de SQL de Microsoft que estaba alojada en un sitio de hosting en internet, vía la red de datos celular (figura 2).

Esta base de datos fue, entonces, usada como vínculo entre el sistema de adquisición de datos y una interfaz WEB de usuario programada también en C# corriendo en un servidor IIS, con la cual el usuario usando su dispositivo móvil pudo saber en cual de las 4 estaciones había estado la “oruga” (figura 3).



**Figura 3** Interacción SQL-IIS-Móvil

La idea de probar la funcionalidad del prototipo fue la de presentar la solución en la feria de proyectos integradores del área de Tecnologías de la Información y Telecomunicaciones de la Universidad Tecnológica de León 2017, para lo cual se montó el seguidor de línea, “oruga”, en una maqueta con 4 estaciones de espera modeladas con madera balsa, en las que se colocaron los lectores de RFID conectados a la tarjeta Arduino; y oculta en la maqueta, la infraestructura de redes y servidores para hacer la demostración en vivo.

## Conclusiones

### Viabilidad

Técnicamente hablando, el sistema probó en gran medida su viabilidad; sin embargo, por cuestiones de presupuesto, la implementación se complicó debido al tamaño del hardware usado.

Es decir, la computadora y la infraestructura necesaria para la conectividad a internet, que en este caso fue la red celular de datos 3G, podría representar una invasión del espacio del conductor o pasajeros que podría considerarse no conveniente.

Para evitar que las consultas SQL “cuelguen” las rutinas de monitoreo, que deben realizarse en tiempo real, las lecturas-escrituras al motor de base de datos deben programarse en hilos de ejecución diferentes de las rutinas de monitoreo.

Otro factor que destacar es que las consultas SQL no requieren gran ancho de banda, por lo que no representaron un cuello de botella en el flujo de datos; en el caso del posicionamiento del vehículo de transporte “oruga” fueron, por mucho, menos frecuentes que la capacidad ofrecida por el canal 3G de la red de telefonía celular: 4 actualizaciones cada 50 segundos que es el tiempo que le tomaba al vehículo dar una vuelta al circuito de 3 metros.

## Trabajo a futuro

Para mejora de la solución, se puede hacer patente el hecho de que ya existen dispositivos embebidos, como Raspberry Pi y Arduino Mega, que pueden ejecutar un sistema operativo y a los que fácilmente se les pueden agregar sistemas más robustos para conectarse a redes 4G con soporte para GPS, con los cuales puede reducirse dramáticamente el espacio necesario para el sistema de ubicación del vehículo de transporte.

## Referencias

- Enrique Mandado Pérez, J. M. (2009). *Autómatas programables y sistemas de automatización*. Marcombo.
- Microsoft. (2017). *Developer Network*. Obtenido de Cómo configurar el tamaño de los paquetes (SQL Server Management Studio): [https://msdn.microsoft.com/es-es/library/ms177437\(v=sql.105\).aspx](https://msdn.microsoft.com/es-es/library/ms177437(v=sql.105).aspx)
- Penin, A. R. (2012). *Sistemas SCADA*. Marcombo.
- Solano, J., & López, G. (2016). Memorias 9no Verano Estatal de Investigación, CONCYTEG. Redes Modbus en Arduino para SCADA. Guanajuato, Guanajuato, Mexico.
- SOLÉ, A. C. (2012). *Instrumentación Industrial*. Marcombo.