

Monitoreo de unidades de transporte público de Ciudad del Este

Marcelo Velázquez, Katia Andrea Ayala Díaz, Jorge Luis Arrúa Ginés

Universidad Nacional del Este, Facultad Politecnica. Ciudad del Este, Paraguay
marcelovelazquez@fpune.edu.py
<http://www.fpune.edu.py>

Resumen El objetivo de este trabajo fue el desarrollo de un sistema basado en tecnologías libres, capaz de monitorear el recorrido de unidades de transporte haciendo uso de una aplicación para smartphones Android. El sistema propone una arquitectura cliente-servidor empotrado que consiste en un nodo recolector de datos, ubicado en el interior de la unidad a ser monitoreada y un servidor, el cual alojará las bases de datos y lógica de funcionamiento, con acceso a red. El enfoque del proyecto se centra en ofrecer un sistema cuya implantación presenta una alternativa viable, desde el punto de vista económico, por la selección de materiales utilizados, y desde el punto de vista social, al proporcionar un sistema accesible, adecuado a las necesidades del plantel administrativo beneficiado. A través de métodos de verificación como pruebas de funcionamiento y el estudio de percepción a través de la implementación de encuestas, se pudo observar que el proyecto presenta resultados satisfactorios en los entornos estudiados.

Keywords: public transportation, geolocation, accessibility

1. Introducción

El crecimiento acelerado de Ciudad del Este como centro de comercio, generó numerosos cambios no previstos dentro de la estructura y las organizaciones que operan dentro de la ciudad. Uno de los sectores más afectados, sin duda, fue el del transporte público. Su uso ha aumentado exponencialmente en los últimos años, por lo que la gestión de los recursos que implica el transporte de pasajeros se ha tornado caótico. La utilización de un sistema de control manual, fácilmente adulterable por su dependencia en el factor humano, que lleva operativo desde la década de los años 60 contribuye al desorden generalizado que caracteriza a la prestación de este tipo de servicios.

Teniendo esto en cuenta, se plantea la necesidad de proveer un sistema tecnológico, para una mejor gestión de flujo de unidades de empresa de transporte público desde el sector empresarial. Se plantea el desarrollo y diseño de un prototipo de sistema para un servicio de control de frecuencia de ómnibus de pasajeros del sistema de transporte de la ciudad, con el objetivo de hacerlo como alternativa de costo más económico que las propuestas comercialmente disponibles y

2 Monitoreo de Transporte Público de Ciudad del Este

orientado hacia comportamientos regularmente asociados con los habitantes de esta zona.

La finalidad en la implantación de este sistema es de contar con las coordenadas exactas de las unidades con el menor retardo posible, a fin de facilitar la toma de decisiones para la liberación de nuevas unidades de transporte.

Este trabajo se propone como continuación de la tesis denominada "Rastreo de Transporte Público interurbano de Ciudad del Este aplicando plataformas de código abierto" [1], orientada al usuario del transporte público. Su objetivo era el desarrollo de un sistema basado en tecnologías libres, capaz de monitorear el recorrido de unidades de transporte haciendo uso de una aplicación para smartphones Android.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

- Desarrollar un sistema de monitoreo de frecuencia de unidades de transporte público de Ciudad del Este.

2.2. Objetivos específicos

1. Diseñar componentes del nodo de recolección y transmisión de datos haciendo uso de una plataforma smartphone.
2. Desarrollar un algoritmo para recepción de datos de sensores.
3. Diseñar arquitectura cliente-servidor para transmitir y procesar datos en línea.
4. Desarrollar interfaz gráfica que posibilite interactividad con la capa de presentación del sistema.
5. Someter a pruebas que garanticen la usabilidad del sistema.

3. Antecedentes

A nivel internacional, podemos citar trabajos que guardan relación al tema, como:

1. "Designing a smart transport system application for South Indian traffic scenarios. A modern approach towards digitalizing the transport systems" propone un sistema de localización de vehículos del transporte público de ciudades del sur de India, con el fin de desarrollar una aplicación para smartphone capaz de rastrear la proximidad de los mismos, sus horarios y la implementación de un sistema de conteo interno. El enfoque del proyecto se centra en el incentivo del uso del transporte público en detrimento del transporte propio, como forma de paliar la crisis energética de combustibles fósiles [2].

2. “Analysis of an automated bus tracking system for metropolitan using IoT” propone un sistema de monitoreo capaz de procesar datos como la velocidad y localización del bus, y mediante la integración de un módulo de lectura de tarjetas infrarrojas, facilitar el uso del sistema de personas con dificultades para la lectura, por medio de un sistema de voz con los detalles de la clave contenida en la tarjeta [3].
3. “Real-time bus location and arrival information system” propone un sistema de localización basado en gps, pero con soporte colaborativo de los pasajeros del bus, de manera a mejorar la exactitud de los datos en rutas de areas rurales y de problemas impredecibles del tráfico, haciendo esta información pública a los demás potenciales pasajeros [4].
4. “A smart cost effective public transportation system: An ingenious location tracking of public transit vehicles” propone un modelo de costo eficiente comparado con alternativas basadas en gps, haciendo uso de comunicaciones por radiofrecuencia, donde se permite localizar en tiempo real la posición de un vehículo y la muestra de los resultados en una interfaz web diseñada para el efecto [5].
5. “Real-time on-campus public transportation monitoring system” propone un sistema de monitoreo de unidades del transporte publico basado en google maps y tecnologías GPS, obteniendo como resultado una interfaz gráfica en formato web capaz de hacer el monitoreo de unidades de forma sencilla [6].
6. “Structural model of passenger counting and public transport tracking system of smart city” propone un estudio de simulación de sistemas discretos para permitir la investigación de la estructura de conteo de pasajeros y monitoreo de trayectoria [7].
7. “Performance of tracking public transport in heterogeneous networks” propone el estudio del comportamiento de transmisión de datos haciendo uso de distintas formas de conectividad dentro de una red ad hoc vehicular, demostrando cual alternativa ofrece el mejor rendimiento en el esquema de conectividad [8].

4. Materiales y métodos

4.1. Metodología

El presente proyecto reúne las condiciones metodológicas de una investigación tecnológica con enfoque cualitativo. La metodología de desarrollo utilizada fue la de programación ágil, priorizando iteraciones con valor agregado de funcionalidad en corto tiempo en vez de grandes iteraciones con periodos mas largos de desarrollo.

4.2. Muestra

La población objetivo del proyecto fue definida de forma a responder a las necesidades de un grupo de personas que ejercen la fiscalización en las empresas

4 Monitoreo de Transporte Público de Ciudad del Este

de transporte. Tomando en cuenta que, a mes de mayo del año 2018, en Ciudad del Este se hallan en funcionamiento 10 empresas de transporte público, se consideran 30 personas que desempeñan la función de fiscalizador.

4.3. Diseño

La arquitectura del sistema plantea la siguiente estructura:

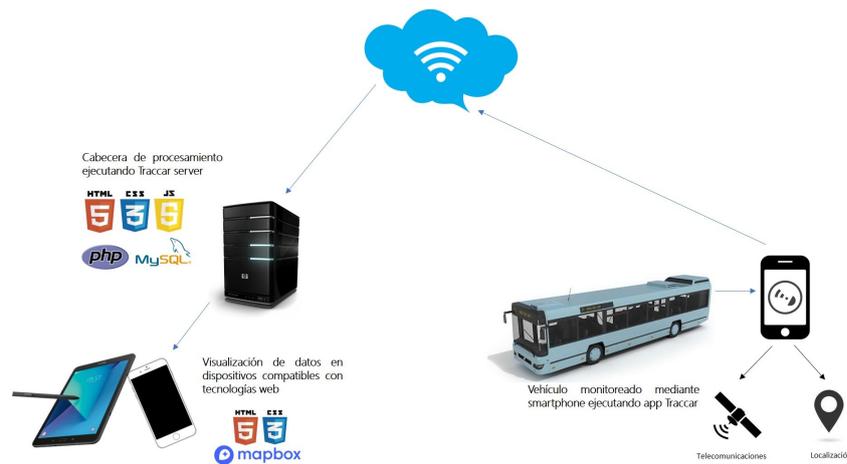


Figura 1. Diagrama funcional

Los dispositivos colectores instalados en la unidad a ser rastreada están compuestos por smartphones que ejecutan la plataforma Android como sistema operativo. Este requerimiento se basa en el uso de la aplicación cliente Traccar, que, utilizando los sensores propios del teléfono, es capaz de proporcionar información detallada de la geolocalización de este.

Fueron realizadas numerosas pruebas de funcionalidad, a fin de observar el rendimiento de la aplicación en teléfonos de distintas gamas, siendo finalmente seleccionados dispositivos que contaran al menos con 1GB de memoria RAM y la versión 4.4 Kit Kat del sistema operativo Android, a fin de tener una experiencia de uso satisfactoria.

El servidor de recepción de datos se compone de un ordenador ejecutando la plataforma Ubuntu Linux con una instancia del programa Traccar. El envío de paquetes a este servidor se realiza a través de la configuración de un parámetro dentro de la interfaz de usuario del programa instalado en el smartphone, donde se especifica la dirección IP y el puerto abierto para este propósito. Ante la dificultad propuesta por los trámites para la obtención de una IP pública, se procede al uso de un generador de dominios dinámicos basados en tecnología No-IP.

Monitoreo de Transporte Público de Ciudad del Este 5

El hosting de la base de datos tipo MySQL y los datos necesarios para el funcionamiento de la interfaz web del sistema fueron alojados en el mismo entorno servidor descrito anteriormente.

El rastreo se realiza haciendo refrescos constantes de la unidad rastreada entre dos estaciones cabecera determinadas anteriormente, y en la interfaz del sistema es posible observar detalles como:

- La ubicación en el mapa, utilizando la API de Leaflet (Figura 2).
- Información como el horario de salida de la unidad, el potencial horario de llegada y el itinerario que cubre la unidad, además de su número identificador y una imagen de ésta.
- Se define también una página a la que se puede acceder con el botón Mas información, donde se tienen otros datos como el nombre del chofer al mando de esa unidad

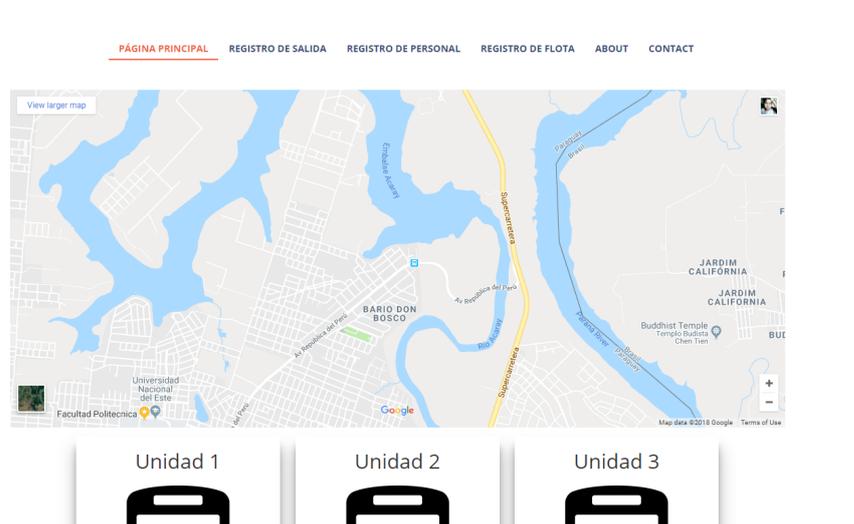


Figura 2. Pantalla Principal

6 Monitoreo de Transporte Público de Ciudad del Este

5. Experimentos y resultados

5.1. Diseño de pruebas

Las pruebas de funcionamiento del sistema se basaron en el enfoque social del sistema y la integridad de los datos utilizados en mismo. Se desarrollaron de la siguiente forma:

- Se realizó un lista de verificación de distintos escenarios de inserción de datos. Se modelaron casos de uso de las funciones mas resaltantes, determinando el flujo correcto de ejecución y dos flujos alternativos que representaban interacciones con resultados no satisfactorios. Se realizaban pruebas en los tres escenarios, determinando el índice de ocurrencia de estos. A través de los hallazgos realizados en las pruebas, se puede verificar en la evaluación la robustez del sistema en cuanto a este tipo de situaciones, lo que garantiza la integridad y confiabilidad de los datos almacenados en base de datos.
- El estudio de usabilidad según perfil de usuarios potenciales del sistema se realizó definiendo el perfil del cliente potencial de este sistema, de manera a tener de forma delimitada las características de las personas que harán uso del sistema. Se tuvieron en cuenta dos parámetros, el nivel de involucramiento tecnológico y el tipo de lenguaje de estos. Esto sirvió como base para modelar la interfaz gráfica. Luego de la realización de pruebas con personas que cumplían con características similares al perfil definido, sus percepciones de uso del sistema fueron recolectadas en un formulario en el formato de encuesta de escala de Likert, lo que permitió, a través de un formulario de veinte preguntas, analizando la dispersión en el espectro positivo o negativo con cinco grados, conocer la respuesta del usuario potencial al sistema propuesto.

5.2. Resultados y discusión

Las pruebas realizadas al sistema presentaron los siguientes resultados:

1. El sistema es lo suficientemente robusto para evitar la inserción de datos que podrían comprometer la integridad de los datos almacenados en el mismo. Las reacciones tomadas en las primeras revisiones de este, ayudaron a fortalecer las versiones preliminares del sistema. Se tomaron medidas como la implementación del parámetro *pattern* sobre el atributo *input* del formulario de relleno de información, de tal forma a limitar la combinación de caracteres insertables en el campo de acuerdo al diccionario de datos establecido. Además, se implementaron soluciones basadas en texto a procesos de redireccionamiento entre módulos del sistema, para facilitar la navegación de los usuarios, evitando ambigüedades.
2. Para evaluar la fiabilidad del test de actitudes y de autonomía mediante la construcción de una escala ordinal de Likert, se solicitó a las personas compatibles con el perfil la evaluación de ítem con valores en una escala de 5

posibles respuestas. Para ello se construyeron preguntas utilizando la técnica par-impar aleatorizada, en dirección negativa a positiva en todos los ítems. Además, para la validación de los test, se realizó una prueba piloto a una muestra aleatoria simple de 75 personas, quienes sirvieron como evaluadoras. A ellas se les aplicó el test de conocimientos y actitudes, cuyos resultados permitieron un análisis descriptivo del puntaje obtenido para observar tendencias o variaciones de las preguntas.

El 86 % de la población mostró una respuesta favorable al sistema, el 13 % demostró una actitud neutra y el 1 % demostró actitud negativa hacia el mismo (Figura 3).

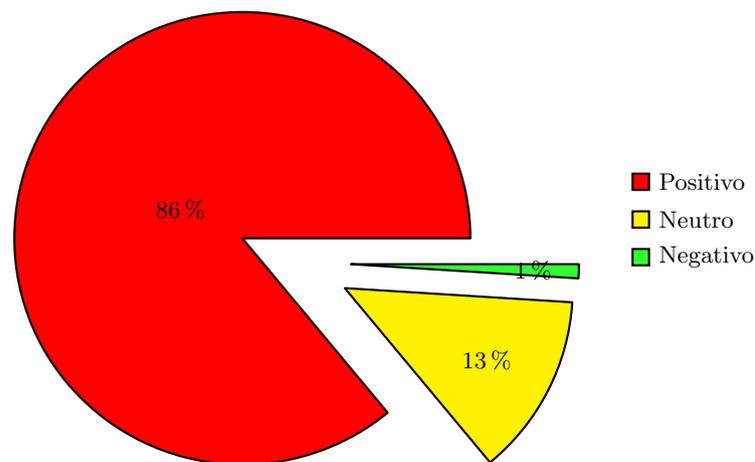


Figura 3. Promedio de respuestas a encuestados

En promedio la calificación final del sistema fue de 4.33, lo que puede considerarse como favorable dentro de una escala numérica de Likert de 1 al 5 (Figura 4).

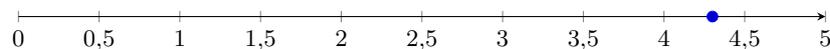


Figura 4. Calificación del sistema según escala de percepción de Likert

- La utilización del software cliente Traccar presenta un funcionamiento estable y garantiza el correcto funcionamiento de colección de datos en equipos

8 Monitoreo de Transporte Público de Ciudad del Este

- que cumplan con las siguientes características mínimas: Sistema operativo Android en su versión 4 en adelante, Procesador de al menos 2 núcleos a una velocidad de 1GHz y 1GB de memoria RAM.
4. El uso de las API de relleno de formularios nativo de HTML5 garantiza, a través de la implementación de reglas de completado, la integridad de los datos que sean insertados en la base de datos por parte del usuario final del sistema.
 5. La utilización de una plataforma web basada en desarrollo de interfaz responsiva posibilita el uso del sistema en cualquier dispositivo con conexión a internet, sea este un ordenador o un smartphone.

6. Conclusiones

A través de las pruebas realizadas, pudo observarse el correcto funcionamiento del sistema como alternativa para el monitoreo de unidades de transporte público del área de Ciudad del Este. Pueden nombrarse entre los factores más importantes para su diferenciación con respecto a alternativas presentes en el mercado, la utilización de materiales de bajo costo que permiten la utilización de equipos con los cuales se dispone, sin hacer una inversión elevada, la accesibilidad del sistema, manifestada a través del énfasis del proyecto en la facilidad en el uso de las tecnologías de la información y la intergración de comportamientos propios de la región en que opera.

Esto implica que se ha logrado lo siguiente:

- Se desarrollaron diseños de componentes del nodo de recolección y transmisión de datos, haciendo uso de una aplicación instalada en un smartphone android.
- Se desarrolló un algoritmo para recepción de datos de sensores haciendo uso de tecnologías web, para garantizar la disponibilidad de la aplicación en dispositivos compatibles.
- Se diseñó una arquitectura cliente-servidor para transmitir y procesar datos en línea.
- Se desarrolló interfaz gráfica para el sistema, haciendo especial énfasis en la accesibilidad y permitiendo la mayor autonomía posible para los potenciales usuarios.
- Se sometió a pruebas que permitieron garantizar la usabilidad del sistema, de manera a modelar iteraciones subsecuentes del sistema en base a las respuestas obtenidas y la percepción del público.

6.1. Trabajos futuros

- Mecanismos para utilizar la infraestructura dispuesta para este proyecto como base para la implementación de un sistema de conteo de pasajeros en tiempo real.

- Utilización de la información interpolada de la localización, el horario y la cantidad de personas como datos de entrada a un sistema experto basado en inteligencia artificial, capaz de proponer horarios posibles de mayor circulación de unidades de transporte.
- Implementación de un sistema de transmisión de datos para estructuras de billeteaje electrónico.
- Implementación de un módulo de participación ciudadana para contrastar los resultados del sistema con situaciones externas a las mediciones con sensores.

Referencias

1. Carolina Pereira and José Oviedo, *Rastreo de transporte público interurbano de Ciudad del Este aplicando plataformas de código abierto*, FPUNE, 2017.
2. Swetha Sridharan, R. Venkatesh Prasad, and S. Srinarayan, *Designing a smart transport system application for South Indian traffic scenarios — A modern approach towards digitalizing the transport systems*, 2017 2nd International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES), IEEE, oct 2017, pp. 1–6.
3. K. Gowri Subadra, J. Mumtaj Begum, and H. Dhivya, *Analysis of an automated bus tracking system for metropolitan using IoT*, 2017 International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS), IEEE, mar 2017, pp. 1–5.
4. Benjamin Y.O. Low, Samsul Haimi Dahlan, and Mohd Helmy Abd Wahab, *Real-time bus location and arrival information system*, 2016 IEEE Conference on Wireless Sensors (ICWiSE), IEEE, oct 2016, pp. 50–53.
5. Tarun Kumar, Suraj Gupta, and Dharmender Singh Kushwaha, *A smart cost effective public transportation system: An ingenious location tracking of public transit vehicles*, 2017 5th International Symposium on Computational and Business Intelligence (ISCBI), IEEE, aug 2017, pp. 134–138.
6. Sarah Aimi Saad, Amirah 'Aisha Badrul Hisham, Mohamad Hafis Izran Ishak, Mohd Husaini Mohd Fauzi, Muhammad Ariff Baharudin, and Nurul Hawani Idris, *Real-time on-campus public transportation monitoring system*, 2018 IEEE 14th International Colloquium on Signal Processing & Its Applications (CSPA), IEEE, mar 2018, pp. 215–220.
7. Oleh Boreiko and Vasyl Teslyuk, *Structural model of passenger counting and public transport tracking system of smart city*, 2016 XII International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), IEEE, apr 2016, pp. 124–126.
8. Nandini Prasad and S P Priyanka, *Performance of tracking public transport in heterogeneous networks*, 2015 IEEE International Conference on Research in Computational Intelligence and Communication Networks (ICRCICN), IEEE, nov 2015, pp. 357–362.