

RASTREO DE TRANSPORTE PÚBLICO INTERURBANO DE CIUDAD DEL ESTE APLICANDO PLATAFORMAS DE CÓDIGO ABIERTO

Pereira Villalba, Carolina; Oviedo Salinas, José María

Tutor: Kang Cardozo, Daisy Isabel

pereira-carol@outlook.com; joseoviedo19@outlook.com;

Facultad Politécnica

Universidad Nacional del Este

RESUMEN

Los usuarios de transporte público desean llegar a destino sin esperar mucho tiempo en las paradas. Las esperas, además de tediosas, son peligrosas dependiendo del horario. Conocer factores como, la ubicación aproximada y el tiempo que tardará en llegar la unidad de transporte público a las paradas, ayudarían al usuario a tomar decisiones. Por ello surge la necesidad de ofrecer un sistema de rastreo que posibilite a los usuarios conocer tales informaciones. El sistema propuesto utiliza herramientas de código abierto y hardware de bajo costo. La arquitectura del mismo está dividida en cuatro estructuras: los dispositivos de localización, el lado servidor, el alojamiento web y el lado cliente. Los dispositivos de localización, instalados en los transportes públicos, consisten en dos teléfonos inteligentes básicos y un módulo Arduino con fona 808, que transmiten sus ubicaciones al lado servidor. El lado servidor recibe los datos transmitidos por tales dispositivos y los almacena en la base de datos. El alojamiento web está compuesto por la base de datos y el alojamiento de la aplicación. El lado cliente está conformado por las aplicaciones móviles que ofrecen al usuario la posibilidad de consultar la ubicación de las unidades de transporte público. Las pruebas realizadas posibilitaron verificar el correcto funcionamiento del sistema y sus componentes. Un sondeo de opinión entre usuarios arrojó resultados positivos superiores al sesenta por ciento.

Palabras clave: Arduino, Traccar, Leaflet.

INTRODUCCIÓN

El traslado de un lugar a otro utilizando como medio desplazamiento el transporte público requiere tiempo y paciencia. En Paraguay, los usuarios de estas unidades de transporte pasan por situaciones como: largas esperas en las paradas, exposición a la inseguridad y llegada tardía a destino. Tales hechos disminuirían si los mismos conocieran la ubicación actual de las unidades de su interés. El rastreo de transporte público brinda a las empresas, dedicadas al rubro, un control sobre sus bienes. De acuerdo a un sondeo realizado por los autores, las empresas de transporte público de Ciudad del Este carecen de mecanismos de seguimiento de sus unidades, y en consecuencia se desconoce el horario en que ellas pasarán por una determinada parada.

El abordaje del transporte público se torna complicado cuando los usuarios no se encuentran familiarizados con el área a donde se dirigen. Tanto aquellos usuarios ocasionales como los regulares atraviesan por la mencionada situación cuando necesitan desplazarse a áreas que desconocen. En este caso, las informaciones de navegación sobre el trayecto que los usuarios desean realizar pueden facilitar sustancialmente el uso del transporte público y también es un factor que los motivará a preferirlo sobre otros medios de transporte. Además, las congestiones en el tráfico y el impacto ambiental se verán

reducidas al incentivar a la ciudadanía a utilizar el servicio ofrecido por estas empresas.

El presente trabajo de investigación tecnológica se limita al rastreo de tres unidades de transporte público utilizando dos tipos de dispositivos de localización. Uno construido en base a la placa Arduino con fona 808, y otros dos montados con teléfonos inteligentes de baja gama, los cuales fueron donados debido a que cuentan con desperfectos en el hardware. La obtención de las coordenadas geográficas de las unidades es realizada cada cinco segundos.

Posteriormente, los datos son almacenados en una base de datos para luego ser representados a través de las aplicaciones web y móvil. El sistema de rastreo posibilita al usuario estimar la posición aproximada de la unidad de su interés, así como también estimar el tiempo de llegada de la misma al punto de abordaje del usuario.

OBJETIVOS

Objetivo General

1. Construir prototipo de sistema de rastreo de transporte público interurbano de Ciudad del Este aplicando hardware libre y software de código abierto.

Objetivos Específicos

1. Construir dispositivos de localización a ser instalados en las unidades de transporte

público para recolección y transmisión de datos.

2. Desarrollar una aplicación web empleando la librería de creación de mapas interactivos Leaflet.
3. Desarrollar una aplicación para terminal móvil empleando Apache Cordova como entorno de desarrollo.
4. Desarrollar una arquitectura cliente servidor que interactúe entre el dispositivo de localización, el servidor que contiene la base de datos más el servicio de acceso al sistema vía web, y terminal móvil.
5. Evaluar el comportamiento del sistema en entorno real realizando pruebas y depuraciones necesarias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Metodología:

El presente proyecto reúne las condiciones metodológicas de una investigación tecnológica con un enfoque mixto. El problema de investigación fue abordado a nivel exploratorio. La metodología aplicada para el desarrollo del sistema fue el espiral. El mismo posibilitó la obtención de una serie de versiones incrementales del proyecto que contribuyeron a la obtención del sistema de rastreo final.

Muestra:

La población objetivo está conformada por los alumnos de la Facultad Politécnica de la Universidad Nacional del Este. El 26% de los alumnos inscriptos, en el primer periodo del

año 2017, asiste a la mencionada casa de estudios utilizando el transporte público como se puede ver en la ilustración 1.

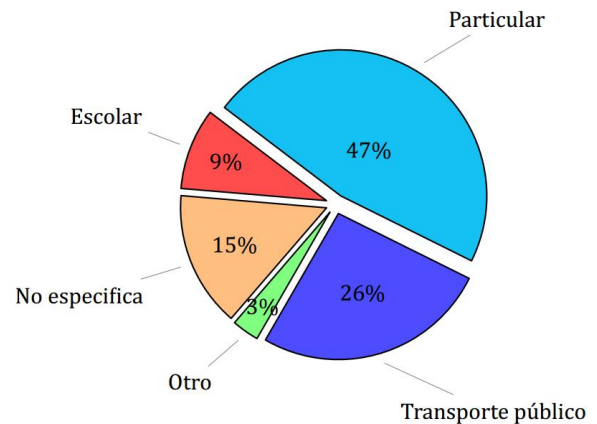


Ilustración 1 Medio de transporte de alumnos.

La muestra probabilística aleatoria sin reposición considerada en este proyecto es de 54 alumnos, la cual fue calculada con un error de 11,1% y 95% de confianza.

Diseño:

El diseño del sistema de rastreo propuesto está dividido en cuatro estructuras funcionales (ver ilustración 2) conformadas por:

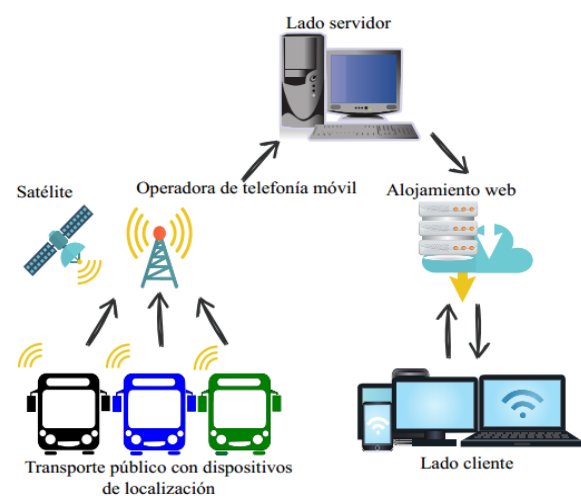


Ilustración 2 Arquitectura del sistema de rastreo propuesto.

1. Los dispositivos de localización ubicados en las unidades de transporte público: han sido montados tres dispositivos, dos de ellos empleando los teléfonos inteligentes Samsung Galaxy Ace y Samsung Galaxy Trend (ver ilustración 3). Los mismos tienen instalados la aplicación de código abierto cliente traccar el cual posibilita la utilización de tales teléfonos como receptores gps (Traccar, 2009). El tercer dispositivo de localización fue montado en base a la placa Arduino con el fona 808 (Adafruit, 2016) (ver ilustración 4). Los tres dispositivos envían la latitud, longitud, altitud y la velocidad actual de las unidades de transporte público cada cinco segundos al lado servidor.



Ilustración 3 Teléfonos inteligentes Samsung Galaxy Trend y Samsung Galaxy Ace con aplicación cliente traccar.

2. El lado servidor: tiene instalado los paquetes de desarrollos de java y el servidor de código abierto traccar (Traccar, 2009).

Este último es el encargado de la administración y recepción de los datos transmitidos por los dispositivos de localización, montados con teléfonos inteligentes, para luego insertarlos a la base de datos. La recepción de datos es realizada mediante el servicio de dirección de nombres de dominios dinámicos ofrecido por la compañía No-IP (No-IP, 2017) y el reenvío de puertos (puerto 5055). Tal dirección es asignada al router ADSL TPLINK utilizado por el servidor.

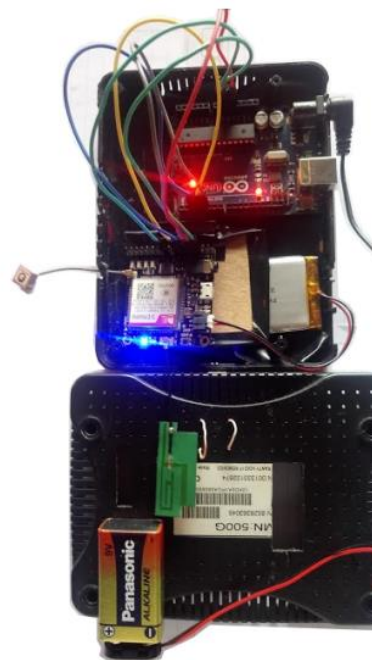


Ilustración 4 Dispositivo de localización con arduino fona 808.

3. El alojamiento web: ofrece el panel de control Plesk Onyx. La base de datos y la aplicación web residen en este alojamiento. Los datos recibidos por el lado servidor son insertados en esta base de datos. Además aquí

también se reciben los datos enviados por el Arduino con fona 808.

4. Lado cliente: fueron desarrolladas las aplicaciones web y móvil para terminales con sistema operativo Android. La aplicación web fue implementada utilizando HTML5, CSS3, Bootstrap y JavaScript. La aplicación móvil es una webview de la aplicación web implementada con Apache Cordova. Tales aplicaciones ofrecen las mismas funcionalidades que son:

- La visualización de tutoriales que explican al usuario el funcionamiento de tales aplicaciones (ver ilustración 5).



Ilustración 5 Inicio del tutorial de la aplicación web.

- La ubicación del usuario en el mapa es representada en el centro de un círculo como se puede apreciar en la ilustración 6.

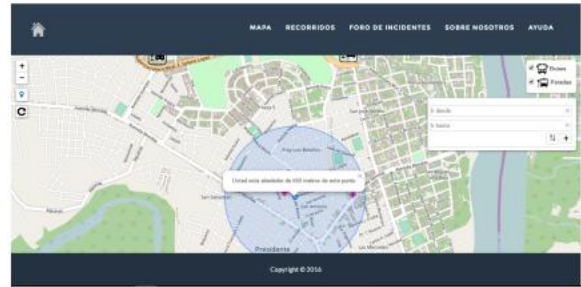


Ilustración 6 Ubicación del usuario.

- El rastreo de la ubicación de la unidad de transporte y visualización de sus datos: nombre de la empresa, línea, número de chapa, velocidad, acondicionador de aire, rampa, y representación de su recorrido a través de líneas punteadas trazadas sobre el mapa (ver ilustración 7).



Ilustración 7 Ubicación de la unidad de transporte público.

- La generación de trayectorias que desea realizar el usuario. El mismo puede seleccionar su punto de partida y destino como se puede ver en la ilustración 8.

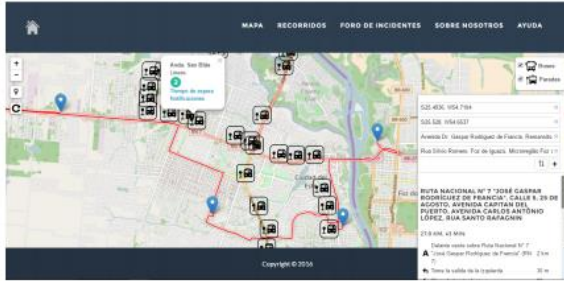


Ilustración 8 Generación de trayectorias.

- La visualización de paradas reglamentarias como puede ser apreciada en la ilustración 9.

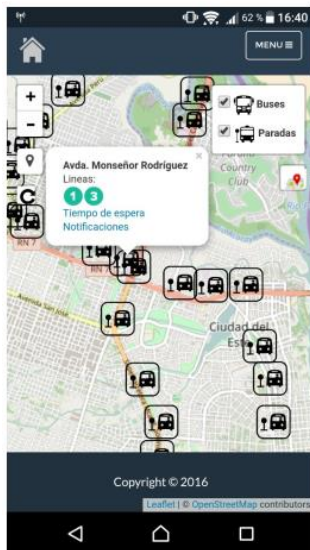


Ilustración 9 Paradas reglamentarias representadas en el mapa.

- La estimación del tiempo de espera en las paradas (ver ilustración 10).

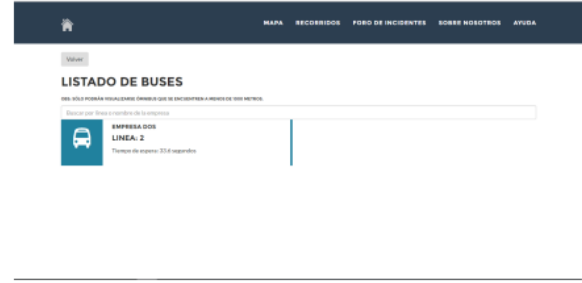


Ilustración 10 Tiempo de espera en las paradas.

- La configuración de notificaciones tanto en la aplicación web (ver ilustración 11) como móvil (ver ilustración 12).

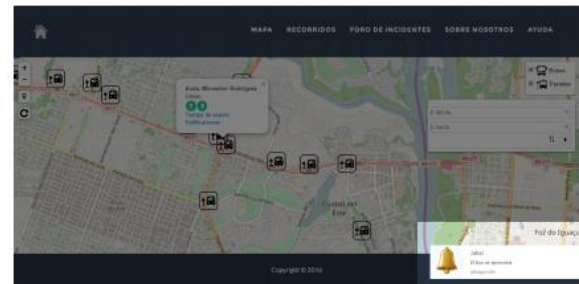


Ilustración 11 Notificación de la aplicación web.



Ilustración 12 Notificación de la aplicación móvil.

- La inserción de incidentes en un foro para usuarios en donde pueden compartir los hechos agradables o desagradables que atravesaron mientras esperaban en las paradas o viajaban en las unidades. Tal funcionalidad se puede ver en la ilustración 13.



Ilustración 13 Foro de incidentes.

Diseño de pruebas:

Las pruebas del funcionamiento del sistema poseen dos enfoques que son:

1. La verificación del funcionamiento de cada uno de los componentes del sistema: esta prueba evalúa las prestaciones de hardware y software del lado servidor, verifica los requerimientos de software de los dispositivos de localización con teléfonos inteligentes para la ejecución del cliente traccar, identifica el rendimiento de las baterías de los dispositivos de localización, calcula las variaciones entre los datos recolectados, verifica la ejecución de las aplicación móvil sobre distintas versiones del sistema operativo Android y describe la variación entre los datos obtenidos en las pruebas (reales) y los datos brindados por las aplicaciones.

2. La verificación del funcionamiento de las aplicaciones web y móvil: en esta prueba se simuló el sistema de rastreo de transporte público mediante la instalación de los dispositivos de localización en vehículos particulares. Luego, se invitó a personas para que realicen el monitoreo de éstos vehículos, mediante las aplicaciones web y móvil. Posteriormente, el correcto funcionamiento de tales aplicaciones fue verificado a través de la aplicación de encuestas a los usuarios. Las encuestas tienen por objetivo medir la actitud de los usuarios hacia las aplicaciones web y

móvil, y están basadas en la escala de Likert de cinco grados que son:

- 1) Totalmente en desacuerdo.
- 2) En desacuerdo.
- 3) Ni en desacuerdo, ni de acuerdo.
- 4) De acuerdo.
- 5) Totalmente de acuerdo.

Los enunciados de las encuestas fueron agrupados teniendo en cuenta tres criterios: la apreciación personal del encuestado, la precisión de los datos brindados por las aplicaciones y el correcto funcionamiento de las mismas.

La apreciación personal del encuestado engloba los siguientes ítems: la fácil comprensión de los tutoriales (A), la fácil utilización de la aplicación web/móvil (B), la fácil comprensión de la interfaz del mapa (C) y la utilidad de la aplicación (P).

Los ítems que hacen referencia a la precisión de los datos son: la precisión de la ubicación de las unidades en el mapa (D), la actualización correcta de las ubicaciones de tales unidades (E), la precisión de los tiempos de espera en las paradas (F), la ubicación precisa del usuario en las aplicaciones (G), y la coherencia de los datos de navegación generados por las aplicaciones (H).

El correcto funcionamiento de las aplicaciones consta de los ítems: el correcto funcionamiento de las notificaciones (I), la

generación correcta de trayectorias (J), la selección de vistas (K), la representación del recorrido de las unidades (L), el funcionamiento de los botones (M y N) y la inserción correcta de datos en el foro de incidentes (O).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las pruebas realizadas con el fin de la verificar cada uno de los componentes del sistema arrojaron los siguientes resultados:

1. El software servidor traccar se ejecuta de manera eficiente y continua durante las 24 horas de operación en un ordenador con las siguientes características: 2 memorias RAM de 2GB y un procesador Intel Pentium de 800 MHz.

2. La aplicación cliente traccar se ejecuta de manera continua y eficiente en el Samsung Galaxy Trend, el cual posee 768 MB de memoria RAM. La misma aplicación instalada en el Samsung Galaxy Ace detiene el envío de datos después de 40 minutos de su ejecución. Tal hecho surge debido a que la memoria RAM del Samsung Galaxy Ace se satura, y al liberarse, la aplicación vuelve a ejecutarse de manera eficiente.

3. Las baterías del Samsung Galaxy Ace, Samsung Galaxy Trend y Arduino con fona poseen un rendimiento de 6, 11 y 10 horas respectivamente.

4. El dispositivo Arduino con fona 808, en su primer arranque, requiere de 10 a 30 minutos para el cálculo de la posición 3D y posterior

transmisión. Sin embargo, este tiempo de espera no ocurre con los teléfonos inteligentes.

5. La aplicación móvil desarrollada con Apache cordova se ejecuta eficientemente sobre los terminales móviles con sistema operativo Android versión KitKat, Lollipop, y Marshmallow.

6. Los tiempos de espera presentados por las aplicaciones y los tiempos de esperas reales varían en promedio 42 segundos. Tal diferencia aumenta en el caso de que exista un semáforo en el trayecto realizado por la unidad de transporte. Caso contrario, esta diferencia disminuye considerablemente.

Las encuestas aplicadas evidenciaron la actitud favorable de los usuarios con respecto a la utilización de las aplicaciones web y móvil. En la ilustración siguiente se puede apreciar los resultados obtenidos en las encuestas realizadas a los usuarios de las aplicaciones web y móvil.

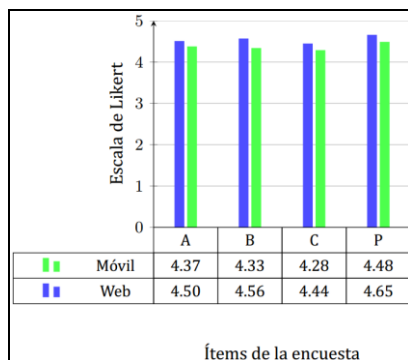


Ilustración 14 Nivel de apreciación de usuarios.

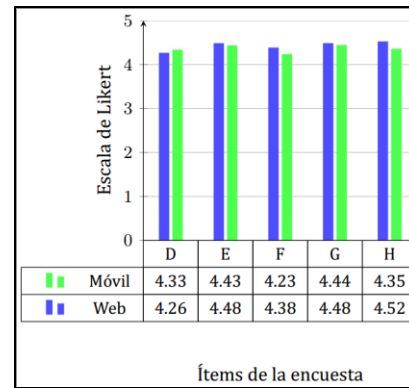


Ilustración 15 Resultados de precisión de datos.

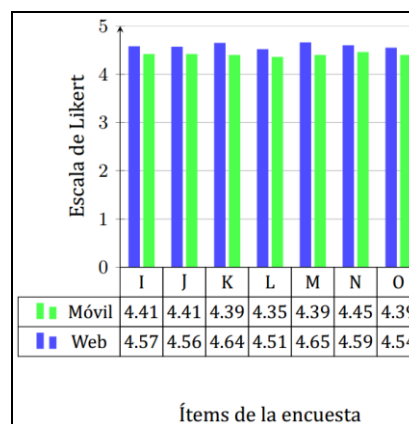


Ilustración 16 Resultados de funcionamiento de aplicaciones.

CONCLUSIONES

El sistema de rastreo de transporte público propuesto posibilita el seguimiento de las unidades de transporte público empleando tecnologías de bajo costo y de código abierto. Además los usuarios pueden visualizar las ubicaciones de las unidades a través de las aplicaciones web y móvil.

Los resultados obtenidos en las pruebas reflejan el correcto funcionamiento del sistema de rastreo propuesto.

Este prototipo de sistema de rastreo se respalda sobre la arquitectura cliente

servidor. El mismo está dividido en cuatro estructuras funcionales que son: los dispositivos de localización ubicados en las unidades de transporte público, el lado servidor, el alojamiento web y el lado cliente.

Los dispositivos de localización fueron contruidos empleando teléfonos inteligentes de baja gama donados y hardware de bajo costo como el Arduino y el fona 808. El proyecto utilizó tres dispositivos con el fin de establecer diferencias entre ellas. En cuanto a la frecuencia de actualización de datos, el Samsung Galaxy Ace es aquel que más se aproxima al tiempo real. El Galaxy Trend posee una latencia de 2 segundos más con respecto a lo previamente configurado. El Arduino con fona 808 posee una latencia superior, la cual está sujeta a condiciones del ambiente. En días lluviosos, el Arduino con fona 808 envía el 13% de la cantidad de paquetes esperados. En días despejados envía el 91% de la cantidad de paquetes esperados. En cuanto a la representación de las ubicaciones, los tres dispositivos varían en promedio 22 metros. Sin embargo, su representación en el mapa es precisa.

El prototipo de sistema de rastreo de transporte público propuesto puede ser implementado por las empresas dedicadas a este rubro. Para ello sólo se requeriría algunos ajustes en las baterías de los dispositivos de localización de forma a que los mismos operen de forma continua y eficiente.

El conocimiento de la ubicación de la unidad de transporte público posibilita a los usuarios gestionar su tiempo de traslado. Por lo cual, disminuye los tiempos de espera en paradas y la exposición al peligro existente en las calles. Del mismo modo, el conocimiento de los itinerarios y de los horarios de salida de las unidades podría estimular a la ciudadanía a utilizar el transporte público como medio de transporte principal, lo cual en consecuencia ayudaría a disminuir la contaminación del medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

- Adafruit. (2016). *Adafruit fona 808 - mini cellular gsm + gps breakout*. Recuperado el 16 de septiembre de 2016, de <https://www.adafruit.com/product/2542>
- No-IP. (2017). *Remote access with dynamic dns*. Recuperado el 16 de mayo de 2017, de <https://www.noip.com/remote-access>
- Traccar. (2009). *Open source gps tracking platform*. Recuperado el 11 de mayo de 2017, de www.traccar.org