

Adquisición de señales digitales utilizando teléfonos inteligentes y FIWARE

Alicia Martínez Rebollar¹, Leon Alberne Torres Restrepo¹,
Fabio Alberto Vargas Agudelo², Javier Ortiz-Hernández¹

¹ Tecnológico Nacional de México/CENIDET, Cuernavaca, México

² Tecnológico de Antioquia, Medellín, Colombia

{amartinez, leontorres16c, ortiz}@cenidet.edu.mx,
fvargas@tdea.edu.co

Resumen. El procesamiento de señales que provienen de diferentes fuentes físicas, generalmente son adquiridas a través de dispositivos y sensores especializados. Sin embargo, los teléfonos inteligentes son utilizados con más frecuencia para la adquisición de diferentes señales. En este trabajo se presenta una aplicación que permite la adquisición de las señales provenientes del acelerómetro, el giroscopio, el magnetómetro y el GPS de un teléfono inteligente con sistema operativo Android. La aplicación propuesta utiliza algunos componentes de la plataforma FIWARE para cubrir la etapa de monitoreo y visualización de los datos. Las pruebas realizadas mostraron que es factible utilizar nuestra aplicación como una herramienta para la adquisición y la visualización de señales provenientes de los sensores de un teléfono inteligente.

Palabras clave: adquisición de señales, FIWARE, teléfonos inteligentes.

Acquisition of Digital Signals using Smartphones and FIWARE

Abstract. The processing of signals that come from different physical sources, are usually acquired through specialized devices and sensors. However, smartphones are used more frequently for the acquisition of different signals. In this paper an application that allows the acquisition of signals from the accelerometer, the gyroscope, the magnetometer and the GPS of a smartphone with Android operating system is presented. The proposed application uses some components of the FIWARE platform to cover the monitoring and visualization stage of the data. The tests carried out showed that it is feasible to use our application as a tool for the acquisition and visualization of signals coming from the sensors of a smartphone.

Keywords: acquisition of signals, FIWARE, smartphones.

1. Introducción

El tratamiento de señales digitales y la manipulación de las señales provenientes del entorno no es un tema nuevo [1]. Sin embargo, los avances tecnológicos en capacidad de cómputo, conectividad, portabilidad y procesamiento de datos de manera casi

instantánea, permiten la implementación de soluciones antes inimaginables. Es así como en la actualidad contamos con aplicaciones que nos informan sobre el tráfico o la calidad del aire.

Vemos por un lado que el desarrollo de estas aplicaciones nos pone en un escenario de soluciones multidisciplinarias las cuales requieren conocimientos cada vez más profundos y de más de un área del conocimiento y por otro lado nos requiere del auxilio de técnicas cada vez más sofisticadas de inteligencia artificial y de aprendizaje de máquina.

En este trabajo, se presenta una solución de monitoreo y visualización de los datos que basa la adquisición de datos en un teléfono inteligente y el análisis y procesamiento en la plataforma FIWARE, la cual consiste en un conjunto de componentes basadas en estándares abiertos que facilitan el desarrollo de soluciones inteligentes en múltiples sectores verticales [2].

El teléfono inteligente se propone como dispositivo de toma de señal, dadas las características que posee como lo son: sus sensores, su portabilidad y su versatilidad. Estas características lo hacen idóneo para ser utilizados en diversas aplicaciones y servicios. Así mismo, se propone la plataforma FIWARE porque es de código abierto y provee una serie de componentes de software que facilitan la implementación de soluciones en el contexto del Internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés) [3].

Este documento está estructurado de la siguiente manera, en la sección dos se presentan los antecedentes. En la sección tres se presentan trabajos relacionados. En la sección cuatro se describe la aplicación propuesta. En la sección cinco se describen algunos escenarios en los cuales se evaluó la aplicación, y por último se presentan las conclusiones y trabajos futuros.

2. Antecedentes

El procesamiento de señales es la aplicación de una serie de operaciones lógicas y matemáticas a un conjunto de datos provenientes de una señal que proviene de una determinada fuente que puede ser analógica o digital. Las señales provenientes del mundo real son adquiridas por diferentes tipos de dispositivos como los sensores.

Por su parte, el IoT se refiere a la capacidad potencial de un objeto para integrarse e interactuar de manera independiente con cualquier otra entidad, ya sea una máquina o un ser humano. Para operar, el IoT ha dado paso a la existencia de objetos equipados con una serie de sensores y algoritmos capaces de detectar automáticamente las características del entorno en que se encuentran [4].

Los avances tecnológicos y en comunicaciones han dado paso a la aparición de los teléfonos inteligentes. Un teléfono inteligente es un dispositivo portátil que tiene gran capacidad de comunicación, procesamiento y almacenamiento, además del manejo de contenidos multimedia y facilidad para integrarse a redes inalámbricas [5]. Los teléfonos inteligentes cuentan con un conjunto de sensores para la detección de señales físicas como: aceleración, rotación, sonido, luminosidad, proximidad, campo magnético, entre otros.

En la actualidad existen diversas plataformas orientadas a soportar los conceptos de IoT, una de ellas es FIWARE, la cual se trata de una plataforma de código abierto para el desarrollo de aplicaciones en el entorno del IoT [6]. Esta plataforma proporciona un

conjunto de herramientas y librerías denominadas “*componentes genéricos*” que facilitan tareas como: la integración de los dispositivos IoT, el análisis y procesamiento de datos a mediana y gran escala, y la incorporación de interfaces avanzadas para la interacción con los usuarios [3]. Dentro de estos *componentes genéricos* se encuentra el Orion Context Broker (OCB) que es un intermediario que recibe la información de contexto generada por los productores de información (dispositivos, sensores, aplicaciones, etc.) y la distribuye a los consumidores (actuadores, otros dispositivos, aplicaciones, etc.), los cuales toman decisiones a partir de la información recibida. Para el intercambio de la información, el OCB se apoya en la especificación NGSI (Next Generation Service Interface), la cual se debe seguir al momento de empaquetar la información que será distribuida a través de la plataforma FIWARE[7].

3. Trabajos relacionados

En esta sección se presentan los trabajos relacionados en la adquisición de datos. Los teléfonos inteligentes son utilizados en diferentes áreas como dispositivos para la adquisición de datos [8-11]. Esto se debe a factores como su conectividad, los múltiples mecanismos de adquisición de datos que van desde la cámara y el micrófono, hasta sensores como el acelerómetro, el GPS o el giroscopio. Dentro de las ventajas más relevantes de los teléfonos inteligentes se encuentran el costo, son ampliamente utilizados por la población y en la actualidad son prácticamente un objeto personal de uso diario.

Los diferentes mecanismos que poseen los teléfonos inteligentes para la adquisición de señales del mundo real son utilizados por ejemplo en el área de la salud para detectar síntomas como la depresión, la ansiedad o el aislamiento social, para monitorear señales de electrocardiografía y frecuencia cardíaca, o para el monitoreo de la actividad física de una persona [9,10]. Asimismo, en el área de transporte se utiliza para la planificación de rutas, reportes de accidentes, detección automática de anomalías en la vía pública, conductas agresivas de parte de los conductores, monitoreo de mercancías, trazado de rutas, etc. [11,12]. Además de las aplicaciones y servicios enfocados en tareas específicas como el trazado de rutas o el análisis de movimiento, los teléfonos inteligentes también se utilizan en la recolección de datos [13-15].

Por su parte, la Plataforma FIWARE también es utilizada en diversas actividades que involucran el procesamiento de señales y el monitoreo de señales. Algunos de los trabajos están relacionados con el cuidado y monitoreo de pacientes, logística y transporte, agricultura, entre otros [16-17].

Como se puede observar, la adquisición de señales digitales por medio de teléfonos inteligentes es un tema que ha cobrado fuerza e importancia [18]. Su importancia radica en el incremento de servicios y aplicaciones que delegan en el teléfono inteligente la responsabilidad de obtener las señales del entorno. Además, varios trabajos hacen uso de las capacidades de localización y de comunicación del teléfono para brindar información en la que además de contar con la información del contexto, también nos permite obtener su ubicación geoespacial.

4. Aplicación para la adquisición de señales digitales

En esta sección se describe la aplicación propuesta para la adquisición de señales digitales utilizando teléfonos inteligentes y FIWARE, así como su arquitectura.

4.1. Arquitectura

La arquitectura de la aplicación para la adquisición de señales digitales utilizando teléfonos inteligentes y la plataforma FIWARE está compuesta por dos módulos. El módulo de adquisición de datos del teléfono está enfocado en la adquisición de la señal proveniente del teléfono inteligente y el otro módulo se encarga del monitoreo y la visualización de la señal adquirida, para lo cual se utiliza la plataforma FIWARE (Ver Fig. 1).

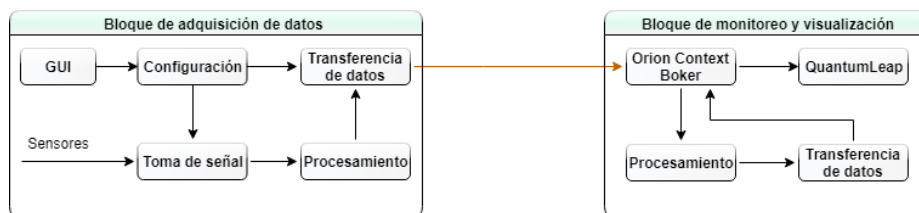


Fig. 1. Arquitectura general para la adquisición de señales digitales utilizando teléfonos inteligentes y la plataforma FIWARE.

4.2. Módulo para adquisición de señales

El módulo para la adquisición de señales permite obtener las señales provenientes de los sensores que se encuentran en el teléfono y realizar operaciones básicas sobre las mismas. Este módulo está compuesto por cinco componentes: GUI, configuración, toma de señal, procesamiento y transferencia de datos. El módulo está desarrollado en la versión 4.0 de Android, con un patrón de diseño modelo vista controlador. Todas las funcionalidades están desarrolladas en Java nativo e incluidas en una librería única, a excepción de la interfaz gráfica. Esto permite que la librería pueda ser utilizada en otros entornos diferentes a Android. Los sensores incluidos en esta versión son el acelerómetro, el giroscopio o sensor de orientación, el magnetómetro y el GPS. A continuación, se describen los componentes que conforman este módulo.

Interfaz Gráfica de Usuario (GUI). El objetivo principal de este componente es permitir que el usuario interactúe con la aplicación. Algunos ejemplos de la GUI se muestran en la Fig. 2.

Componente de configuración. Este módulo es el encargado de gestionar los parámetros de configuración establecidos por el usuario en las vistas de parametrización.

Componente de toma de señal. Este componente es el encargado de obtener todas las señales provenientes de los sensores del teléfono. En este componente se realizan dos procesos importantes: obtención de la señal y calibración. El proceso de toma de señal se inicializa una vez que el usuario lo indica y que el proceso de calibración indica que

el teléfono se encuentra en una posición válida para empezar la toma de las señales. Una posición será válida cuando la varianza máxima del tipo de señal a obtener se encuentre dentro de los parámetros establecidos en el componente de configuración. La calibración puede además ser omitida, si el usuario lo considera pertinente, ver la figura Fig. 2-c

Componente de procesamiento. Este componente es el más importante del componente de adquisición de la señal, porque en él se ejecutan todas las operaciones que permiten manipular o modificar una señal. Las tareas realizadas por este componente son:

Centrado de la señal. Esta función se encarga de tomar el dato proveniente del componente de toma de señales y centrarla en un valor de referencia, el cual puede ser proporcionado por el usuario teniendo en cuenta la media de los datos calculada en el proceso de calibración.

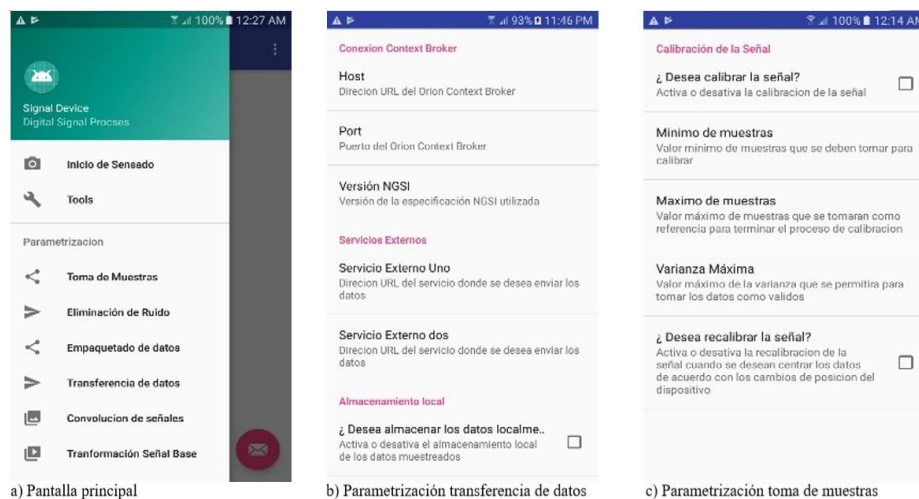


Fig. 2. Ejemplos de algunas vistas de GUI de la aplicación de adquisición de datos.

Centrado de la señal. Esta función se encarga de tomar el dato proveniente del componente de toma de señales y centrarla en un valor de referencia, el cual puede ser proporcionado por el usuario teniendo en cuenta la media de los datos calculada en el proceso de calibración.

Reducción de ruido. Esta funcionalidad permite reducir el ruido de la señal, el método utilizado para la reducción del ruido es el de medias móviles.

Translación de una señal en el tiempo. Esta función permite realizar una representación de la señal aplicando un determinado parámetro de corrimiento de la señal.

```

{
  "type": "SignalDevice",
  "id": "SD_E",
  "refDevice": {
    "value": "Device_Prueba_1",
    "type": "Text"
  },
  "SD-Acel_Y": {
    "value": 9.8,
    "metadata": {
      "description": {
        "value": "Base signal"
      }
    }
  },
  "SD-Acel_X": {
    "value": 0.8,
    "metadata": {
      "description": {
        "value": "Base signal"
      }
    }
  },
  "SD-Acel_Z": {
    "value": 0.35,
    "metadata": {
      "description": {
        "value": "Base signal"
      }
    }
  },
  "timestamp": {
    "value": 1523804024221,
    "type": "Integer"
  },
  "dateModified": {
    "value": "2018-04-15T07:21:24.285Z",
    "type": "DateTime"
  }
}

```

```

{
  "type": "SignalDevice",
  "id": "SD_E",
  "refDevice": {
    "value": "Device_Prueba_1",
    "type": "Text"
  },
  "SD1": {
    "value": 9.8,
    "metadata": {
      "description": {
        "value": "Base signal"
      }
    }
  },
  "SD2": {
    "value": 0.8,
    "metadata": {
      "description": {
        "value": "Centered signal"
      }
    }
  },
  "timestamp": {
    "value": 1523804024221,
    "type": "Integer"
  },
  "dateCreated": {
    "value": "2018-04-15T07:21:24.285Z",
    "type": "DateTime"
  },
  "dateModified": {
    "value": "2018-04-15T07:21:24.285Z",
    "type": "DateTime"
  }
}

```

Fig. 3. Ejemplo instancia del modelo de datos SignalDevice.

Escalado de la señal. Esta función permite aplicar un parámetro de escala a la señal para contraer o dilatar la señal base.

Diezmado e interpolación de la señal. Esta función permite aplicar diferentes valores de diezmado e interpolación a una señal base, para realizar este proceso el usuario debe establecer en las opciones de parametrización el número de señales derivadas que desea obtener y los valores de interpolación o diezmado para cada señal.

Empaquetado de la señal. Esta funcionalidad permite que los datos sean enviados de uno en uno, o que el usuario seleccione el número de datos que tendrá una muestra, en el caso de que el usuario quiera usar las opciones de monitoreo y visualización, el sistema crea una copia exacta de la señal original y a partir de esta realiza el empaquetado de acuerdo con los parámetros establecidos por el usuario.

Ventanas de tiempo. Esta opción permite manejar diferentes ventanas de tiempo ya sea para el cálculo de medias móviles, para el empaquetado de datos o para el uso en funciones que dependen de valores anteriores o futuros para el cálculo del valor actual.

Componente de transferencia de datos. Este componente permite la comunicación entre el módulo de adquisición de datos y el módulo de monitoreo y visualización. La función principal de este componente es la gestión del almacenamiento y distribución de los datos. El componente empaqueta los datos en objetos (modelos de datos) de tipo JSON basados en la especificación NGSI de FIWARE. En este trabajo se propone un nuevo modelo de datos bajo la especificación NGSI, al cual hemos llamado *SignalDevice*. Este es un modelo de datos flexible que permite el envío de una o varias señales. En la Fig. 3 se muestra la estructura del objeto JSON del modelo de datos propuesto. Este modelo de datos se caracteriza por tener una estructura básica que identifica de manera única al tipo de señal que se está procesando. Los campos *id*, *type*, *refDevice*, *timestamp*, *dateModifieds* y *SD1* son de tipo obligatorio. La estructura *SD* representa la señal que se está procesando, siempre se debe identificar si se trata de la señal original o se trata de una señal derivada.

4.3. Módulo de monitoreo y visualización

Este módulo permite visualizar en la plataforma FIWARE los datos que han sido adquiridos en el módulo de adquisición de la señal. El módulo está compuesto por cuatro componentes: Orion Context Broker, QuantumLeap, procesamiento y transferencia de datos. Para la visualización de los datos se utiliza Grafana que es una aplicación WEB incluida dentro del componente QuantumLeap.

Componente de procesamiento y componente de transferencia de datos. Estos componentes tienen un comportamiento similar a los descritos en el componente de adquisición de datos, su diferencia principal es que fueron desarrollados para ejecutarse en la plataforma FIWARE.

Componente Orion Context Broker. Este componente es un componente genérico de la plataforma FIWARE. El objetivo de este componente es recibir la información de contexto generada por el módulo de adquisición de señales del teléfono y enviarla al componente de procesamiento y al componente de QuantumLeap. Para la transferencia de información se utilizan los modelos de datos *Device* [19], *Alert* [20] y *SignalDevice*. Los dos primeros modelos de datos hacen parte de la especificación NGSI y el último es el nuevo modelo de datos que nosotros proponemos.

Componente QuantumLeap. Este componente es un componente genérico de FIWARE y es utilizado como la interfaz gráfica del módulo de monitoreo y visualización. El objetivo principal de *QuantumLeap* es manejar series de tiempo de diferentes señales y permitir su visualización en una interfaz WEB. El modo de funcionamiento es el siguiente: el componente de QuantumLeap recibe información del OCB y la almacena para que pueda ser visualizada por el componente Grafana. Un aspecto importante a resaltar es que el componente Grafana no forma parte de los componentes genéricos de FIWARE, pero está integrado el componente QuantumLeap para la visualización de series de tiempo.

5. Evaluación de la aplicación de adquisición de señales digitales

La evaluación de nuestra aplicación para la adquisición de señales digitales utilizando un teléfono inteligente y la plataforma FIWARE se centró en explorar tres de sus características principales: adquisición de datos, etiquetado de datos y visualización de señales. Para explorar estas características se plantearon los siguientes escenarios: adquisición de datos para identificación de irregularidades en la vía pública, cambios de velocidad de un vehículo basado en los datos del GPS y visualización de una señal externa utilizando el módulo de visualización y monitoreo.

Los recursos utilizados para la evaluación de nuestra aplicación fueron: tres teléfonos inteligentes (ZTE Blade V6, un Samsung Galaxy J4 y un Motorola Moto G5) y dos máquinas virtuales alojadas en la plataforma FIWARE Lab nodo México. Además, en el caso de los dos primeros escenarios se utilizaron diferentes medios de transporte público y particular.

La fase de evaluación de nuestra aplicación se realizó por un periodo de 14 meses. Durante este periodo se realizaron más de 100 recorridos en zonas rurales y urbanas; y se recolectaron más de 50 millones de registros provenientes del acelerómetro, el GPS, el magnetómetro y, el giroscopio o el sensor de orientación. En la tabla 1, se muestra el resumen de todos los datos recolectados en la fase de evaluación.

Tabla 1. Registros recolectados en la fase de pruebas

Sensor	Núm. registros
Acelerómetro	54'452,442
GPS	391,388
Magnetómetro	5'006,596
Giroscopio / Orientación	7'115,138
Total	66'965,564

En el caso de los archivos planos, el formato utilizado para almacenar los datos de cada registro fue el siguiente: Identificador del registro, aceleración en el eje x, aceleración en el eje y, aceleración en el eje z, giro sobre el eje x, giro sobre el eje y, giro sobre el eje z, magnetómetro en el eje x, magnetómetro en el eje y, magnetómetro en el eje z, latitud, longitud, altitud, velocidad registrada por el GPS, precisión horizontal del GPS, marca de tiempo en milisegundos, tipo de evento, tipo de desplazamiento, área del evento, tipo de espacio en el que se genera el desplazamiento, fecha y hora en la que se toma el registro.

5.1. Escenario 1: adquisición de datos para identificación de irregularidades en la vía pública

El escenario enfocado en la adquisición de datos para la identificación de irregularidades en la vía se centra en la característica de recolección y etiquetado de datos de nuestra aplicación. Para evaluar esta característica, se propone utilizar nuestra aplicación para recolectar un conjunto de datos en tiempo real, el cual pueda ser utilizado posteriormente para analizar este tipo de irregularidades.

Para el etiquetado de datos se seleccionaron cuatro categorías: tipo de evento, medio de desplazamiento, zona de desplazamiento y tipo de vía o camino. En la tabla 2 se muestran las categorías y las opciones seleccionadas para cada categoría.

Tabla 2. Categorías y eventos de etiquetado por cada subcategoría.

Categoría	Opciones de etiquetado por categoría
Tipo de evento	Tope de metal, tope de asfalto, bache, parada, cambio de carril a la derecha, cambio de línea a la izquierda, giro a la izquierda, giro a la derecha, camino irregular
Medio de desplazamiento	Reposo, caminando, auto, ruta, autobús, moto, bicicleta, corriendo
Zona de desplazamiento	Urbana, rural, ciudad, pueblo, municipio, residencial, comercial, escolar
Tipo de vía	Pista, estatal, inter estatal, municipal, escaleras, circuito cerrado, andén

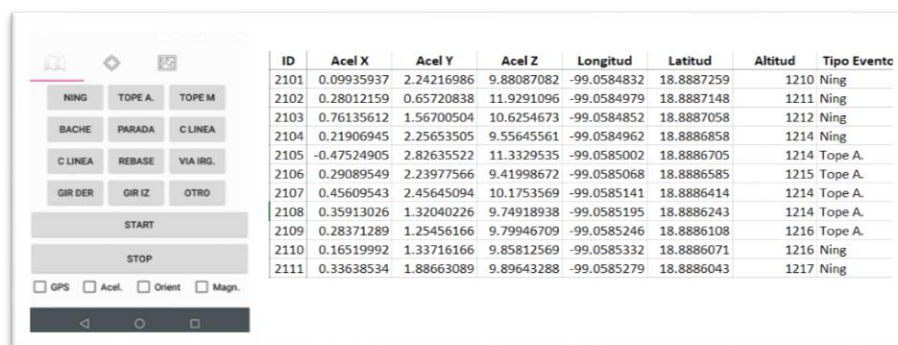


Fig. 4. Ejemplo de etiquetado y datos recolectados con el módulo de adquisición de señales.

Para la adquisición de los datos se colocó el teléfono en una posición fija dentro del vehículo y se seleccionaron los sensores. Los sensores fueron el acelerómetro para la detección de los eventos y el GPS para geolocalizar los registros. Una vez que el vehículo iniciaba la marcha era presionado el botón “start”. En la Fig. 4 se pueden observar las opciones de etiquetado para la categoría tipo de evento y un extracto de uno de los archivos que contiene un evento etiquetado.

5.2. Escenario 2: cambios de velocidad de un vehículo basado en los datos del GPS

Este escenario es enfocado en la adquisición de datos para entrenar un modelo para monitorear los cambios de velocidad durante el desplazamiento de un automóvil. Este escenario se centra en la evaluación de la característica de adquisición de datos de nuestra aplicación. Para evaluar esta característica, se propone utilizar nuestra aplicación como una herramienta de adquisición y empaquetado de datos.

En este caso se utilizó la aplicación para adquirir los datos de geolocalización en el desplazamiento de un automóvil. Los datos obtenidos del GPS de un teléfono inteligente colocado al interior del automóvil. En este caso se filtró de la señal, luego se discretizó y posteriormente se crearon paquetes con siete datos por registro, de los cuales cinco correspondían a muestras de la señal con una ventana de dos, uno al promedio y el otro a la varianza. Los datos fueron almacenados en un archivo plano y posteriormente los datos fueron etiquetados manualmente, en la Fig. 5 se presenta un ejemplo.

id	vU1	vU2	v1	v2	v3	promedio	varianza	estado
1	0	0	0	3	4	1.4	3.04	InicioMarcha
2	3	4	3	3	3	3.2	0.16	VelocidadVariable
3	3	3	4	4	4	3.6	0.24	IncrementoVelocidad
4	4	4	4	5	5	4.4	0.24	IncrementoVelocidad
5	5	5	5	5	5	5	0	VelConstante
6	5	5	5	5	4	4.8	0.16	DecrementoVelocidad
7	5	4	4	4	4	4.2	0.16	DecrementoVelocidad
8	4	4	4	3	3	3.6	0.24	IncrementoVelocidad
9	3	3	3	3	3	3	0	VelConstante
10	3	3	2	2	2	2.4	0.24	DecrementoVelocidad
11	2	2	0	0	0	0.8	0.96	Parada
12	0	0	0	0	0	0	0	Detenido
13	0	0	0	0	0	0	0	Detenido
14	0	0	0	0	0	0	0	Detenido
15	0	0	0	0	3	0.6	1.44	InicioMarcha
16	0	3	3	0	0	1.2	2.16	ParadasIntermitente
17	0	0	0	3	4	1.4	3.04	InicioMarcha
18	3	4	5	5	5	4.4	0.64	IncrementoVelocidad

Fig. 5. Resultados obtenidos después de pasar los paquetes por un clasificador.

Después de realizar el proceso de adquisición y el etiquetado de los datos, los datos fueron pasados por algunos clasificadores. Los algoritmos utilizados en el proceso de clasificación fueron *Naive Bayes*, *Random Forest* y *J48*, para lo cual se utilizó la herramienta *R Studio*. En la tabla 3 se pueden observar los resultados obtenidos después de pasar los datos por cada clasificador para entrenar el modelo para el monitoreo de los cambios de velocidad durante el desplazamiento de un automóvil

Tabla 3. Resumen de resultados obtenidos al pasar los datos por los clasificadores.

Técnica	Clasificados Correctamente		Clasificados Incorrectamente	
	Eventos	%	Eventos	%
Naive Vayes	281	71.867 %	110	28.133 %
RandomForest	368	94.1176 %	23	5.882 %
J48	367	93.8619 %	24	6.138 %

5.3. Escenario 3: monitoreo de señal externa utilizando el módulo de visualización y monitoreo

Este escenario es enfocado en la evaluación de la característica de visualización y monitoreo de nuestra aplicación. Para evaluar esta característica, se creó un script en Python para simular una señal senoidal base. A partir de la señal senoidal base se aplicaron algunas operaciones básicas de procesamiento de señales, obteniendo así 8

señales derivadas. En la Fig. 6 se describe en seis paneles, en donde el primer panel corresponde a la visualización de la señal original y las 8 señales derivadas. Un aspecto importante es que se utiliza el modelo de datos *SignalDevice* para la transferencia de datos entre el script y el módulo de monitoreo y visualización.



Fig. 6. Visualización de una señal senoidal utilizando el componente de QuantumLeap de FIWARE.

En el panel 2 se muestra la señal original, además, de las señales equivalentes al escalar la señal original en un factor de $\frac{1}{2}$ y un factor de 2. En el panel 3, se muestra la señal original y sus equivalentes al desplazarla ± 5 unidades con respecto al eje horizontal. En el panel 4 se muestra la señal original y su equivalente al multiplicar la señal original por un factor de $\frac{1}{2}$ y $\frac{1}{3}$, o lo que es igual al muestrear la señal 2 y 3 veces más rápido respectivamente. En el panel 5, se muestra la señal original y su equivalente al desfazar la señal en $\frac{1}{4}$ y por último en el panel 6, se muestra un diezmado por 2 de la señal original.

6. Conclusiones y trabajos futuros

En este trabajo de investigación se muestra que es factible la adquisición de señales digitales utilizando teléfonos inteligentes y la plataforma FIWARE. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la calidad y precisión de los datos obtenidos dependen de la calidad de la señal, los parámetros de configuración y las características técnicas del teléfono inteligente.

Las características del módulo de adquisición de datos y del módulo de visualización permiten que estos puedan ser utilizados en diversos dominios. Sus características de etiquetado, recolección de datos y manipulación de la señal pueden ser de utilidad en la fase de adquisición de datos y de prueba para el desarrollo de diversas aplicaciones y servicios.

Las pruebas realizadas mostraron que el componente de adquisición de datos y el componente de visualización pueden ser utilizados de manera independiente. Además, en el caso de estudio relacionado con los cambios de velocidad, se pudo observar que los resultados de clasificación son aceptables utilizando los sensores de un teléfono inteligente.

En este trabajo también se presenta el modelo de datos SignalDevice el cual puede ser utilizado en el área de procesamiento de señales para el intercambio de datos en la plataforma FIWARE. Un aspecto importante de este modelo es que permite el envío de señales base y sus derivadas.

Durante el desarrollo del trabajo se observó que la utilización de la plataforma FIWARE, en conjunto con la especificación NGSI, facilitan la implementación de soluciones orientadas a las ciudades inteligentes y el IoT.

Como trabajos futuros se plantean: la evaluación de nuestra aplicación en otros escenarios como pueden ser el trazado de rutas, monitoreo de actividad física, análisis de vibraciones, entre otras; La evaluación del módulo de monitoreo con señales provenientes de fuentes diferentes a teléfonos inteligentes; La adición de funcionalidades que permitan adquirir la señal proveniente de otros sensores que vienen incluidos en el teléfono inteligente y que no son implementados en este trabajo; Finalmente, también se plantea como trabajo futuro el desarrollo de una aplicación similar para otros tipos de dispositivos como lo es el caso de los dispositivos IOS.

Agradecimientos. Esta investigación ha sido financiada parcialmente por el proyecto SmartSDK, Num Ref. 272727, así como el proyecto TecNM/CENIDET, Num Ref. 5138.19-P.

Referencias

1. Oppenheim, A.V., Willsky, A.S., Nawab, S.H.: Señales y sistemas. Pearson Educación (1998)
2. El ecosistema FIWARE, http://www.cudi.edu.mx/cudi2017/presentaciones/1.%20Ecosistema_FIWARE.PDF, último acceso: 2019/05/10
3. Fiware: Una plataforma abierta y estándar para Ciudades Inteligentes. <https://www.esmartcity.es/comunicaciones/i-congreso-ciudades-inteligentes-fiware>, último acceso: 2019/05/10
4. Sosa, E.O., Godoy, D.A., Neis, R., Motta, G., Luft, R., Sosa, D., Quiñones, P.: Internet del futuro y ciudades inteligentes. In: XV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. pp. 21–27, Argentina (2013)
5. Organista-Sandoval, J., McAnally-Salas, L., Lavigne, G.: El teléfono inteligente (smartphone) como herramienta pedagógica. *Apertura* 5(1), 6–19 (2013)
6. Las plataformas de código abierto en las Smart Cities. <http://www.fractaliasystems.com/las-plataformas-de-codigo-abierto-en-las-smart-cities/>, último acceso: 2019/05/10.
7. FIWARE-NGSI v2 Specification. <http://fiware.github.io/specifications/ngsiv2/stable/>, último acceso: 2019/05/10
8. Pielot, M., Church, K., De Oliveira, R.: An in-situ study of mobile phone notifications. In: Proceedings of the 16th international conference on Human-computer interaction with mobile devices & services, pp. 233–242. Mobile HCI, New York (2014)
9. Case, M.A., Burwick, H.A., Volpp, K.G., Patel, M.S.: Accuracy of Smartphone Applications and Wearable Devices for Tracking Physical Activity Data. *JAMA* 313(6), 625–626 (2015)

10. Fazio, M., Celesti, A., Marquez, F.G., Glikson, A., Villari, M.: Exploiting the FIWARE cloud platform to develop a remote patient monitoring system. In: 2015 IEEE Symposium on Computers and Communication (ISCC), pp. 264–270. IEEE, Cyprus (2015)
11. Ali, H.M., Alwan, Z.S.: Car Accident Detection and Notification System Using Smartphone. IJCSMC, pp. 620–635 (2017)
12. Gonçalves, J., Gonçalves, J.S., Rossetti, R.J., Olaverri-Monreal, C.: Smartphone sensor platform to study traffic conditions and assess driving performance. In: 17th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems, pp. 2596–2601, IEEE, China (2014)
13. Martínez, A., Ramírez, F., Estrada, H., Torres, L.A.: Generic Module for Collecting Data in Smart Cities on Remote Sensing & Spatial Information Sciences, pp. 65–72, México (2017)
14. Bersch, S.D., Azzi, D., Khusainov, R., Achumba, I.E., Ries, J.: Sensor data acquisition and processing parameters for human activity classification. *Sensors* 14(3), 4239–4270 (2014)
15. Rife, T.W., Poland, J.A.: Field Book: An Open-Source Application for Field Data Collection on Android. *Crop Science* 54(4), 1624–1627 (2014)
16. Fernández, P., Santana, J., Ortega, S., Trujillo, A., Suárez, J., Domínguez, C., Sánchez, A. (et. al.): SmartPort: A Platform for Sensor Data Monitoring in a Seaport Based on FIWARE. *Sensors* 16(3), 417 (2016)
17. López-Riquelme, J.A., Pavón-Pulido, N., Navarro-Hellín, H., Soto-Valles, F., Torres-Sánchez, R.: A software architecture based on FIWARE cloud for Precision Agriculture. *Agricultural Water Management* 183, 123–135 (2017)
18. Wahlstrom, J., Skog, I., Handel, P.: Smartphone-Based Vehicle Telematics: A Ten-Year Anniversary. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* (2017)
19. Device Fiware DataModels, <https://fiware-datamodels.readthedocs.io/en/latest/Device/Device/doc/spec/index.html>, último acceso: 2019/05/10
20. Alert Fiware-DataModels, <https://fiware-datamodels.readthedocs.io/en/latest/Alert/doc/spec/index.html>, último acceso: 2019/05/10