

Propuesta de un sistema de telemetría para mediciones remotas y en tiempo real en un sistema de transporte multimodal

Telemetry system proposal for remote and real-time measurements in a multimodal transport system

MEDINA, Boris A.¹

SIERRA, Javier E.²

LÓPEZ, José L.³

Resumen

Los sistemas de transporte multimodal están requiriendo gestionarse eficientemente dado el crecimiento que están presentando al considerar vehículos completamente eléctricos o híbridos. Se requieren modelos integrales, flexibles y robustos para gestionar la información de los sistemas de transporte, que ayuden a optimizar eficientemente los recursos. En este artículo se presenta la propuesta de un sistema de telemetría para medir variables remotas y en tiempo real, pero acorde con modelos planteados para Smart grids. La propuesta incluye la revisión de las capas del Smart Grid Reference Architecture Model (SGAM) aplicadas al sistema de telemetría.

Palabras clave: telemetría, sistema multimodal, gestion.

Abstract

Multimodal transport systems are requiring efficient management due to growth they present when considering fully electric or hybrid vehicles. Comprehensive, flexible and robust models are required to manage transport systems information, which help to efficiently optimize resources. This article shows a telemetry system proposal to measure remote variables -and in real time-, but according to models proposed for smart grids. The proposal includes revision of layers of the Smart Grid Reference Architecture Model (SGAM) applied to the telemetry system.

key words: telemetry, multimodal system, management.

1. Introducción

El transporte multimodal se conoce como aquel en el que es necesario emplear más de un tipo de vehículo para transportar mercancía desde su lugar de origen hasta su destino final. El diseño del sistema de telemetría de un

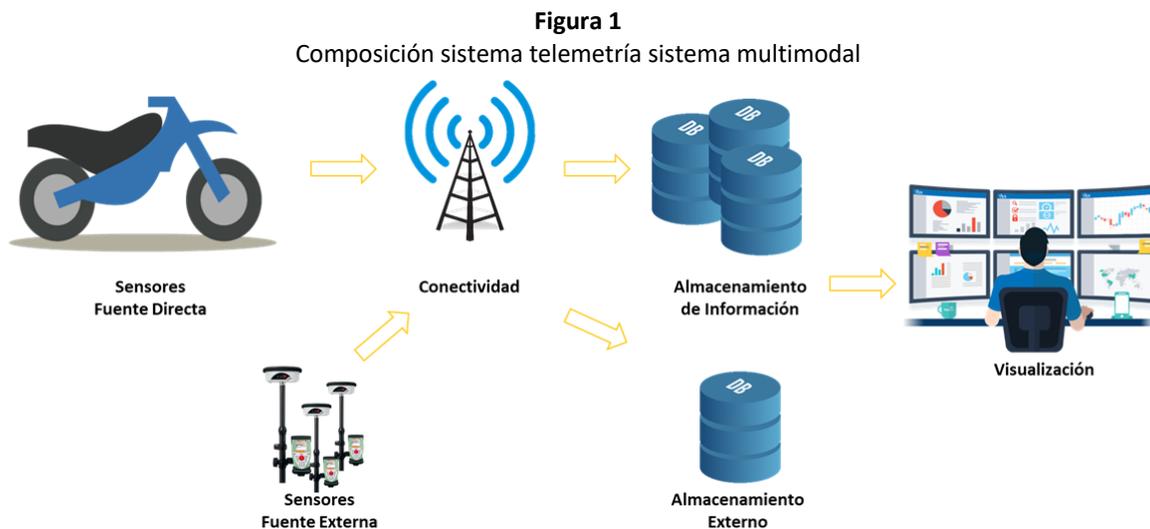
1 Ingeniero Electrónico. Magíster en Automatización y Control Industrial. Docente Investigador Universidad de Sucre, Facultad de Ingeniería. Alianza "ENERGETICA 2030", Programa de Investigación con código 58667,convocatoria 778-2017 Ecosistemas Científicos. E.mail: boris.medina@unisucre.edu.co

2 Ingeniero Electrónico; Magíster en Ingeniería. Doctor en Ingeniería. Docente Investigador Universidad de Sucre, Facultad de Ingeniería. Alianza "ENERGETICA 2030", Programa de Investigación con código 58667,convocatoria 778-2017 Ecosistemas Científicos. E.mail: javier.sierra@unisucre.edu.co

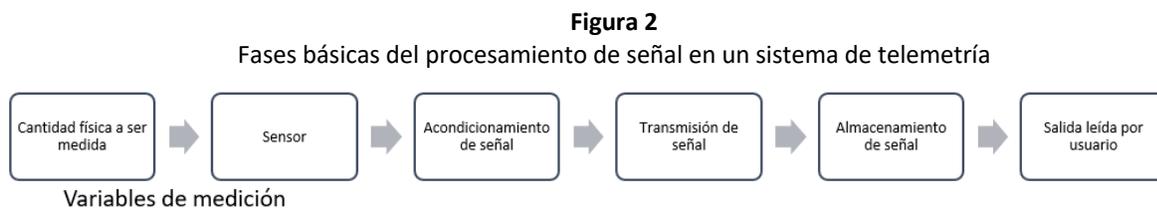
3 Ingeniero Electrónico; Magíster en Ingeniería. Docente Investigador Universidad de Sucre, Facultad de Ingeniería. Alianza "ENERGETICA 2030", Programa de Investigación con código 58667,convocatoria 778-2017 Ecosistemas Científicos. E.mail: jose.lopez@unisucre.edu.co

sistema de transporte multimodal que tiene en cuenta vehículos completamente eléctricos o híbridos, debe considerar las diferentes tecnologías disponibles para ser implementadas en las ciudades del futuro, siempre teniendo como referente la interoperabilidad, la seguridad, las facilidades de implementación y los requerimientos del usuario final.

La generación de información en un sistema multimodal puede ser variada, incluyendo la fuente directa de la generación de datos y fuentes externas, que incluyen diferentes componentes o sensores que adquiere información en tiempo real, y a través de algún dispositivo envían la información al sistemas de almacenamiento de información (local o en la nube), para luego ser procesada y analizada para generar valor agregado al sistema multimodal. La figura 1 muestra una composición básica que debe tener en cuenta el sistema de telemetría para mediciones remotas y en tiempo real, en donde cada uno de ellos puede ser otro sistema con sus entradas y salidas y conformado por diferentes elementos. La información generada debe tener valor para la organización y optimización del sistema, permitiendo mejorar los recursos disponibles en la configuración del mismo.



La telemetría se entiende como la tecnología que permite monitorear en tiempo real magnitudes físicas (Ejemplo: humedad, temperatura, conductividad eléctrica, consumos eléctricos, parámetros de Estaciones Meteorológicas como viento, lluvia, T° y humedad ambiente, radiación, presión atmosférica), y su posterior envío al operador o gestor del sistema (Hathaway & Long, 2005). Con la telemetría es posible realizar gestión más precisa de las métricas relacionadas con un dispositivo y hoy con la gran variedad de recursos tecnológicos es posible generar información valiosa para los sistemas de transporte bajo el concepto de ciudades sostenibles. La figura 2 muestra las fases básicas del procesamiento de señal en un sistema de telemetría.



La figura entre otros, muestra la fuente directa de información, por ejemplo si se tiene una motocicleta híbrida (combustible-eléctrica), la cual posee diferentes sensores que obtienen datos para ser empleados localmente en las estrategias de control y para ser enviados al centro de control y visualización. Es posible también, la adquisición de señales externas que apoyen la construcción de conocimiento respecto al desempeño de la moto

hibrida. La conectividad debe considerar las diferentes tecnologías disponibles en las ciudades para mejorar la efectividad en la transmisión de datos (red móvil, WiFi, SigFox, otros) y el soporte de la tecnología en cuanto a conectar de forma agrupada los datos de los sensores con los motores de almacenamiento de información, identificando posibilidades de transmisión de forma síncrona y asíncrona. El almacenamiento de información, puede ser variado y dependerá del tipo de información que se emplea, y las facilidades de interconexión de los motores de bases de datos, que permita trabajar de forma segura desde un centro de visualización y monitoreo de la telemetría del sistema. Se debe establecer herramientas para el análisis de información que permitan optimizar el sistema de transporte multimodal.

2. Propuesta

2.1. Análisis Funcional

Para evaluar si un sistema de telemetría es adecuado, se deben analizar las siguientes características:

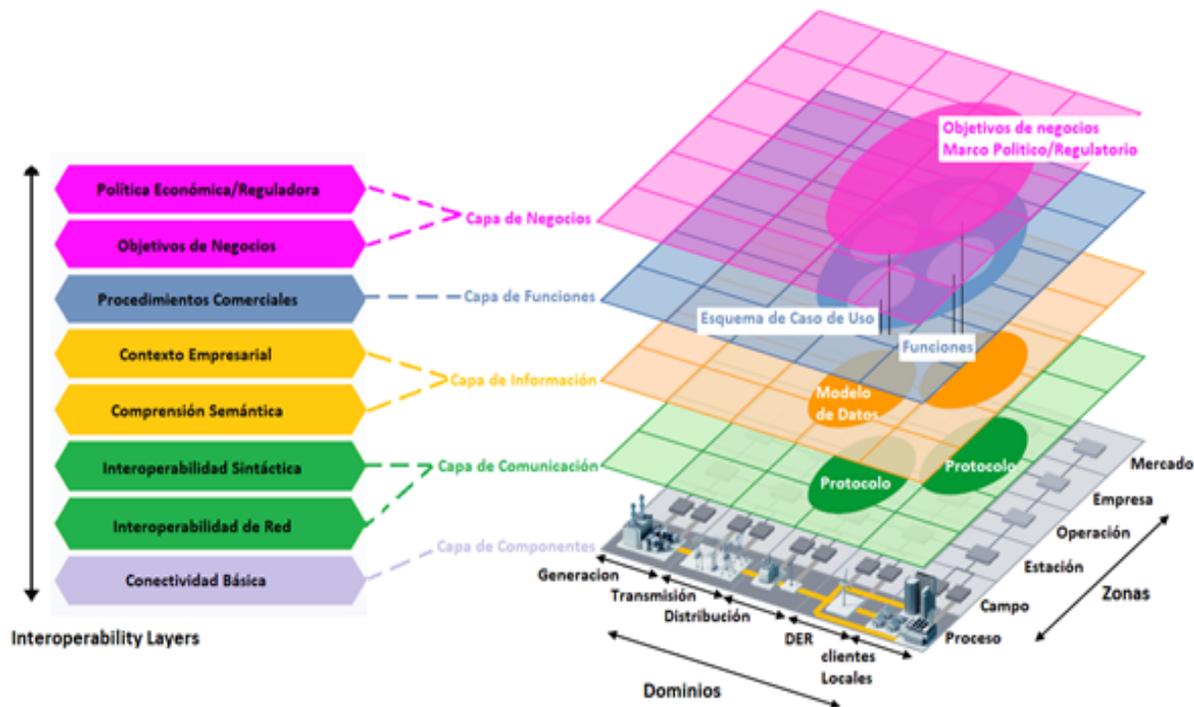
- El número de variables del proceso que se necesita monitorear es alto.
- El proceso está geográficamente distribuido.
- La información del proceso se necesita en el momento en que los cambios se producen en el mismo, o en otras palabras, la información se requiere en tiempo real.
- La necesidad de optimizar y facilitar las operaciones del sistema de movilidad multimodal, así como la toma de decisiones, tanto gerenciales como operativas.
- Los beneficios obtenidos en el proceso justifican la inversión en la telemetría. Estos beneficios pueden reflejarse como aumento de la efectividad, los niveles de seguridad, otros.
- La complejidad y velocidad del proceso permiten que la mayoría de las acciones de control sean iniciadas por un operador.

2.2. Metodología para establecimiento del Modelo

Smart Grid Reference Architecture Model (SGAM) es una metodología que tiene como objetivo ofrecer un soporte para el diseño de casos de uso de redes inteligentes y proporcionar una documentación clara y concisa de la aplicación, con principios como universalidad, localización, consistencia, flexibilidad, escalabilidad, extensibilidad e interoperabilidad. SGAM puede utilizarse como una base común para desarrollos, con un enfoque arquitectónico que permita una representación de la interoperabilidad de una manera neutral en tecnología, tanto para la implementación actual de la red eléctrica como para las futuras implementaciones de la red inteligente (Reference Architecture Working Group (SG-CG/RA), 2012)(F. Andrén et al., 2017). El modelo SGAM será el empleado para la propuesta del sistema de telemetría, ya que ofrece una articulación entre diferentes elementos de un sistema multimodal que tiene en cuenta operación con diferentes subsistemas y se mantiene en constante crecimiento y desarrollo.

SGAM fue creado como resultado del "Mandato de estandarización de la Comisión Europea M/490 para las Organizaciones de Normalización Europeas para las organizaciones europeas de normalización (ESO)", proporciona un enfoque por capas para el desarrollo de una arquitectura de red inteligente. La base de SGAM es un marco tridimensional que consta de dominios, zonas y capas. En los dominios, se puede encontrar el diseño tradicional de la infraestructura de energía eléctrica: generación, transmisión, distribución, DER y clientes locales. Las zonas representan la gestión típica del sistema jerárquico de energía: mercado, empresa, operación, estación, campo y proceso. En la parte superior de la capa de componentes, se colocan cuatro capas de interoperabilidad: la capa de comunicación, la capa información, la capa función y la capa empresarial. Una visión general de este modelo tridimensional se proporciona en la Figura 2 (F. P. Andrén et al., 2016). A continuación se muestra cada una de las capas.

Figura 3
Descripción general del modelo de arquitectura de red Smart Grids (SGAM).



Fuente: Tomado de (Reference Architecture Working Group (SG-CG/RA), 2012).

Capa empresarial: La capa empresarial representa la vista empresarial sobre el intercambio de información relacionada con las redes inteligentes. SGAM puede usarse para mapear estructuras y políticas regulatorias y económicas (de mercado), modelos de negocios, carteras de negocios (productos y servicios) de las partes del mercado involucradas. La capa puede apoyar en la toma de decisiones relacionadas con (nuevos) modelos de negocios y proyectos de negocios específicos (caso de negocios), así como a los reguladores en la definición de nuevos modelos de mercado. En nuestra propuesta está representado por el dashboard con la información de la telemetría y los análisis que se generen.

Capa de funciones: La capa de funciones describe funciones y servicios, incluidas sus relaciones desde un punto de vista arquitectónico. Las funciones están representadas independientemente de los actores y las implementaciones físicas en aplicaciones, sistemas y componentes..

Capa de información: La capa de información describe la información que se usa e intercambia entre funciones, servicios y componentes. Contiene objetos de información y los modelos de datos canónicos subyacentes. Estos objetos de información y modelos de datos canónicos representan la semántica común para funciones y servicios con el fin de permitir un intercambio de información interoperable a través de medios de comunicación.

Capa de comunicación: El énfasis de la capa de comunicación es describir protocolos y mecanismos para el intercambio interoperable de información entre componentes en el contexto del caso de uso, función o servicio subyacente y objetos de información relacionados o modelos de datos.

Capa de componentes: El énfasis de la capa de componentes es la distribución física de todos los componentes participantes en el contexto de la red inteligente. Esto incluye actores del sistema, aplicaciones, equipos de sistemas de alimentación (generalmente ubicados a nivel de proceso y de campo), dispositivos de protección y

telecontrol, infraestructura de red (conexiones de comunicación cableadas/inalámbricas, enrutadores, conmutadores, servidores).

2.3. Modelos de comunicación en IoT

Internet de las cosas (Internet of Things – IoT) es un paradigma de comunicación reciente que prevé un futuro cercano en el que los objetos de la vida cotidiana estarán equipados con microcontroladores, sensores, transceivers para la comunicación digital, y un conjunto de protocolos que habilitan la comunicación entre sí y con los usuarios, convirtiéndose en una parte integral de Internet (Whitmore et al., 2015). IoT básicamente es la convergencia de dos tecnologías: el Internet y las redes de sensores (sensor networks), esto permite nuevas posibilidades, entre otras, la comunicación directa maquina-maquina sobre la red de Internet. El paradigma ha permitido que investigadores propongan nuevas propuestas sostenibles en las ciudades inteligentes (redes y servicios autónomos, otros). Dado esto es posible el acceso fácil e interacción de una amplia variedad de dispositivos, tales como electrodomésticos, cámaras de vigilancia, sensores, actuadores, displays, vehículos, otros, generando una cantidad de información (Schaffers et al., 2011).

Desde una perspectiva operativa, es útil pensar en cómo los dispositivos IoT se conectan y comunican en términos de sus modelos de comunicación técnica (Kulkarni Sanjeev Kulkarni Lecturer Professor, 2017):

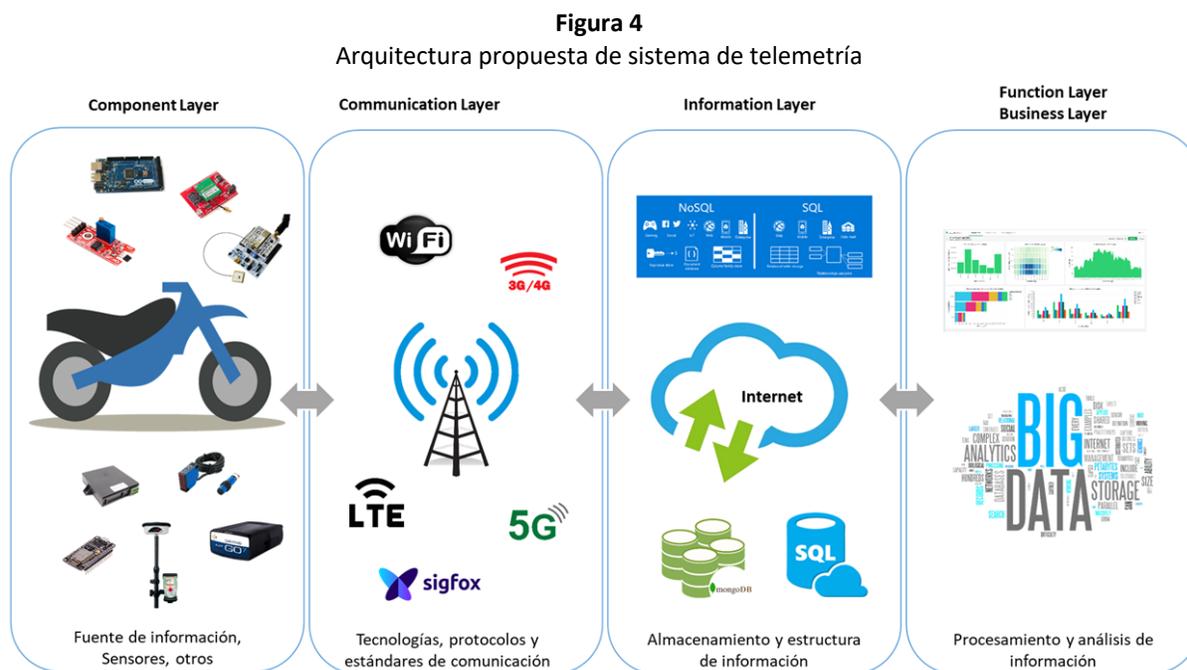
- El modelo de comunicación de dispositivo a dispositivo representa dos o más dispositivos que se conectan y comunican directamente entre sí, en lugar de hacerlo a través de un servidor de aplicaciones intermediario. Estos dispositivos se comunican a través de muchos tipos de redes, incluidas las redes IP o Internet. Sin embargo, a menudo estos dispositivos utilizan protocolos como Bluetooth, Z-Wave o ZigBee para establecer comunicaciones directas de dispositivo a dispositivo.
- En un modelo de comunicación de dispositivo a nube, el dispositivo IoT se conecta directamente a un servicio en la nube de Internet como un proveedor de servicios de aplicaciones para intercambiar datos y controlar el tráfico de mensajes. Con frecuencia, este enfoque aprovecha los mecanismos de comunicación existentes, como las conexiones por cable tradicionales de Ethernet o Wi-Fi para establecer una conexión entre el dispositivo y la red IP, que finalmente se conecta al servicio en la nube.
- En el modelo de dispositivo a puerta de enlace, o más típicamente, el modelo de puerta de enlace de dispositivo a capa de aplicación (ALG), el dispositivo IoT se conecta a través de un servicio como un conducto para llegar a un servicio en la nube. En términos más simples, esto significa que hay un software de aplicación que opera en un dispositivo de puerta de enlace local, que actúa como intermediario entre el dispositivo y el servicio en la nube y proporciona seguridad y otras funciones, como la traducción de datos o protocolos.

El modelo de intercambio de datos en IoT se refiere a una arquitectura de comunicación que permite a los usuarios exportar y analizar datos de objetos inteligentes desde un servicio en la nube en combinación con datos de otras fuentes. Este enfoque es una extensión del modelo único de comunicación de dispositivo a nube, que puede conducir a almacenes de datos donde "los dispositivos IoT cargan datos solo a un único proveedor de servicios de aplicaciones. Una arquitectura de intercambio de back-end permite que los datos recopilados de flujos de datos de dispositivos IoT individuales se agreguen y analicen y sugiere un enfoque de servicios en la nube federados, o interfaces de programador de aplicaciones en la nube (API), para lograr la interoperabilidad de los datos de dispositivos inteligentes alojados en la nube.

Al permitir que el usuario obtenga un mejor acceso a un dispositivo IoT y sus datos, el valor general del dispositivo se amplifica claramente, sin embargo, estos beneficios en red vienen con compensaciones. Se debe prestar especial atención a las cargas de costos incurridos que recaen sobre los usuarios para conectarse a los recursos de la nube cuando se considera una arquitectura, especialmente en regiones donde los costos de conectividad del usuario son altos.

3. Resultados

La figura 4 muestra la arquitectura del sistema de telemetría propuesto para el sistema de transporte multimodal, para generar y adquirir información en tiempo real, enviarla a un sistema de información, procesar la información para visualizarla y ejecutar modelos de optimización que permitan gestionar eficientemente el sistema de transporte. La figura muestra lo propuesto por cada una de las capas del modelo SGAM: component layer, communication layer, information layer, function layer and business layer. A continuación se describe cada una de ellas.

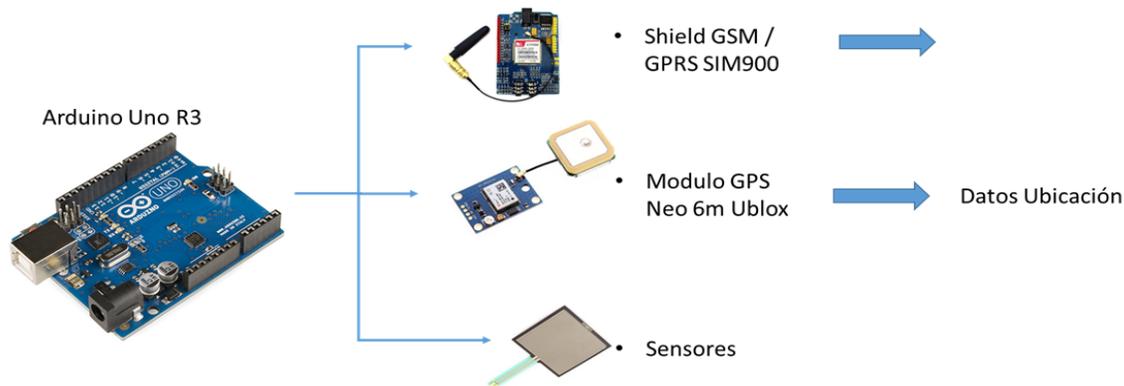


3.1. Component layer

La capa de componente debe considerar diferentes equipos y tecnologías dependiendo del vehículo (motocicleta, automóvil, embarcación, otro) y sus variables más relevantes para la gestión del sistema. Se deben instalar sensores acorde a las necesidades, agrupar la información en un datalogger con equipamiento para conectarse a la capa de comunicación por una de las tecnologías disponibles con sus respectivos estándares. Se debe tener en cuenta la interoperabilidad del sistema de comunicaciones, brindando opciones para las conexiones en redes inalámbricas.

En la figura 5 se muestra un ejemplo de interconexión de la capa componente con la capa comunicaciones. En el ejemplo se muestra un sistema que permite adquirir la posición del vehículo, a través de un Arduino y un módulo GPS. El Arduino fue configurado para enviar las señales a través de un módulo GSM/GPRS SIM 900 a una API. El prototipo permite adicionar otros sensores para organizar la información que se envía al sistema de información.

Figura 5
Ejemplo interconexión capa de componente y de comunicaciones



3.2. Capa Comunicaciones

Dado el contexto del sistema multimodal y los requerimientos descritos anteriormente, la comunicación en el sistema de telemetría debe darse a través de tecnologías inalámbricas. En el sistema, puede requerirse comunicación entre dispositivos en la misma motocicleta, así como entre los dispositivos de la motocicleta con un equipo de comunicación externo. Para la gestión de la información, debe garantizarse que los datos estarán disponibles en tiempo real en el sistema de gestión y monitoreo.

Tecnologías inalámbricas

La tecnología inalámbrica se refiere a la tecnología que permite la comunicación sin usar cables. Con las tecnologías inalámbricas, las personas y otros dispositivos pueden comunicarse a diferentes distancias. La tecnología inalámbrica incluye ondas de radio frecuencia (RF) e infrarrojos (IR). Las redes inalámbricas básicamente se clasifican en 4 tipos y esta clasificación depende del alcance que logre cada una (EcuRed, 2020). En la tabla 1 se muestra una comparación de redes y protocolos disponibles que se pueden emplear en la capa de comunicaciones (Bettstetter et al., 2000; Gu & Peng, 2010), (Datta & Kaushal, 2014), (Hannaidh et al., 2018).

Tabla 1
Comparación de redes y protocolos disponibles para capa de comunicación

Tipo	Cobertura	Performance	Estándares	Aplicaciones
Wireless PAN	Al alcance de una persona	Moderado	Reemplazo moderado de Bluetooth, IEEE 802.15 e IrDa, así como de cables para periféricos	Reemplazo de cables periféricos
Wireless LAN	Dentro de un edificio o campus	Alto	IEEE 802.11, Wi-Fi y HiperLAN	Extensión móvil de redes cableadas
Wireless MAN	Dentro de una ciudad	Alto	Propietario, IEEE 802.16, y WIMAX	Inalámbrico fijo entre hogares y empresas e Internet
Wireless WAN	En todo el mundo	Bajo/Moderado/Alto	CDPD y Celular 2G, 2.5G, 3G, 4G, 5G	Acceso móvil a Internet desde áreas exteriores.
			Sigfox	Red de IoT pensada para tener un bajo consumo y ser independiente de los despliegues de telefonía

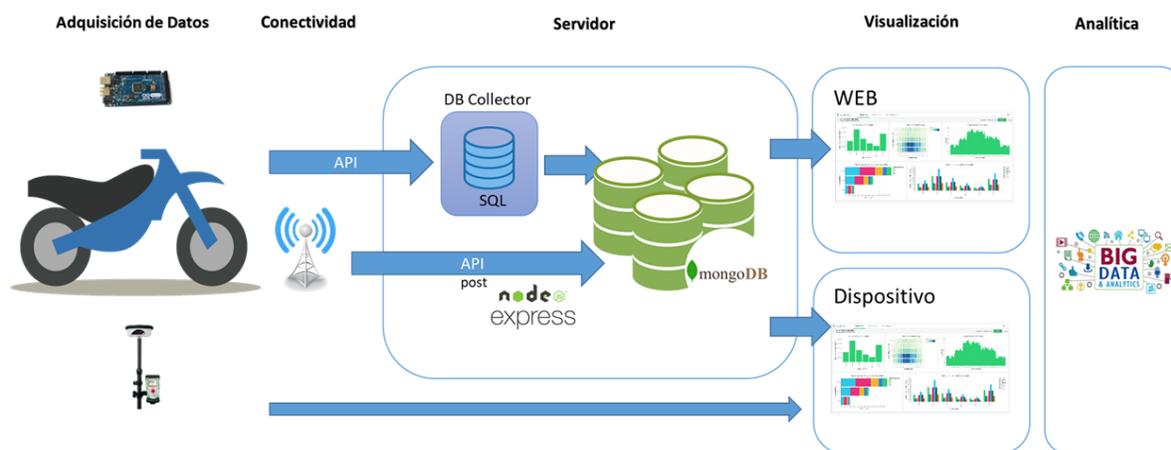
3.3. Information, function and business layers

La capa de información debe permitir la integración de los datos en un sistema de información dinámico y flexible, que permita no solo el ingreso de la información sino la lectura de ellos de forma integrada con herramientas de análisis de información, entre ellos software de big data e inteligencia competitiva. La propuesta incluye módulos y APIs de tal forma que se pueda obtener la información directamente de sensores o de data logger instalado en los vehículos.

Se propone el desarrollo de una base de datos NoSQL en MongoDB Atlas, acorde a modelos de Web of Things (Noura & Gaedke, 2019), donde se configuren diferentes variables relacionadas con datos básicos del vehículo (nombre de usuario, tipo de motocicleta, placa, año, otros) y se establezcan algunos campos relacionados con variables de sensores (ubicación, temperatura, consumo, corriente, peso, otros). La ventaja de la base de datos, es que permite adicionar en tiempo real nuevas variables. La figura 6 muestra el sistema planteado, que incluye también la adquisición de información de otras bases de datos relacionales (SQL) a través de un DB Collector, como por ejemplo sensores de temperatura de estación meteorológica, semaforización, otros. Una vez se cuenta con la información en la base de datos, se construye un dashboard con la información de los sensores y esta información es analizada a través de software de big data o inteligencia de negocios en la business layers.

Figura 6

Servidor web con data collector para integración de plataformas



4. Conclusiones

Los sistemas de transporte multimodales que incluyen vehículos completamente eléctricos o híbridos, deben considerar las diferentes tecnologías disponibles para ser implementadas en las ciudades del futuro, entre ellas las utilizadas para Internet of Things. El modelo Smart Grid Reference Architecture Model (SGAM), es un modelo validado que permite la articulación de diferentes capas para implementar un modelo integral y flexible y emplear el modelo para modelar el sistema de telemetría permite la gestión de la movilidad de forma eficiente en las ciudades del futuro.

Referencias bibliográficas

Andrén, F. P., Strasser, T., & Kastner, W. (2016). Applying the SGAM methodology for rapid prototyping of smart Grid applications. *IECON Proceedings (Industrial Electronics Conference)*, 3812–3818. <https://doi.org/10.1109/IECON.2016.7794057>

- Andr n, F., Strasser, T., & Kastner, W. (2017). Engineering Smart Grids: Applying Model-Driven Development from Use Case Design to Deployment. *Energies*, 10(3), 374. <https://doi.org/10.3390/en10030374>
- Bettstetter, C., Vogel, L. J., & Ebersp chert, J. (2000). GSM Phase 2+ general packet radio service GPRS: Architecture, protocols, and air interface. *IEICE Transactions on Communications*, E83-B(2), 117–118. <https://doi.org/10.1109/comst.1999.5340709>
- Datta, P., & Kaushal, S. (2014). Exploration and comparison of different 4G technologies implementations: A survey. *2014 Recent Advances in Engineering and Computational Sciences, RA ECS 2014*. <https://doi.org/10.1109/RA ECS.2014.6799517>
- EcuRed. (2020). Est ndares Inal mbricos. https://www.ecured.cu/Est ndares_Inal mbricos
- Gu, G., & Peng, G. (2010). The survey of GSM wireless communication system. *Proceedings of ICCIA 2010 - 2010 International Conference on Computer and Information Application*, 121–124. <https://doi.org/10.1109/ICCIA.2010.6141552>
- Hannaidh, B., Fitzgerald, P., Berney, H., Lakshmanan, R., Coburn, N., Geary, S., & Mulvey, B. (2018, October 5). Devices and Sensors Applicable to 5G System Implementations. *2018 IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on 5G Hardware and System Technologies, IMWS-5G 2018*. <https://doi.org/10.1109/IMWS-5G.2018.8484316>
- Hathaway, R., & Long, K. W. (2005). Telemetry System - an overview | ScienceDirect Topics. *Fatigue Testing and Analysis*. <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/telemetry-system>
- Kulkarni Sanjeev Kulkarni Lecturer Professor, S. (2017). Communication Models in Internet of Things: A Survey. In *IJSTE-International Journal of Science Technology & Engineering* | (Vol. 3, Issue 11). www.ijste.org
- Noura, M., & Gaedke, M. (2019). WoTDL: Web of Things Description Language for Automatic Composition. *2019 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI)*, 413–417.
- Reference Architecture Working Group (SG-CG/RA). (2012). Smart Grid Reference Architecture CEN-CENELEC-ETSI. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/xpert_group1_reference_architecture.pdf
- Schaffers, H., Komninos, N., Pallot, M., Trousse, B., Nilsson, M., & Oliveira, A. (2011). Smart cities and the future internet: Towards cooperation frameworks for open innovation. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 6656, 431–446. https://doi.org/10.1007/978-3-642-20898-0_31
- Whitmore, A., Agarwal, A., & Da Xu, L. (2015). The Internet of Things? A survey of topics and trends. *Information Systems Frontiers*, 17(2), 261–274. <https://doi.org/10.1007/s10796-014-9489-2>