



Integración de tecnologías asociadas con el internet de las cosas y la industria 4.0

Rafael Ramón Pardo Villalón¹, Israel Ulises Ponce Monarez² y Adriana Salinas Avila³

^{1,2,3} Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Av. Plutarco Elías Calles 1210, Alfa, Ciudad Juárez, Chihuahua,

México, C.P. 32310.



Correo correspondiente

al198625@alumnos.uacj.mx

Resumen

La siguiente investigación se enmarca en tres tecnologías diferentes en el campo de la ingeniería como son: las Redes de Sensores Inalámbricos, el Almacenamiento en la Nube y la visualización de datos mediante Aplicaciones Móviles. Se consigue lograr la integración de estas, aumentando sus posibilidades de aplicaciones en el entorno cotidiano, asociado al desarrollo de las tecnologías envueltas en el Internet de las Cosas (IoT) y en la Cuarta Revolución Industrial.

La Red de Sensores Inalámbricos es implementada con módulos XBee S2C del proveedor Digi utilizando el protocolo Digi-mesh, junto a un microcontrolador Arduino Uno y un módulo WiFi ESP-01. La base de datos se implementó en Firebase y para la visualización de los datos se desarrolló una aplicación para el Sistema Operativo Android.

La implementación e integración de las diferentes tecnologías posibilita el monitoreo en tiempo real de diferentes variables deseadas y una solución práctica y económica para los usuarios.

Abstract

The following research is framed in three different technologies in the field of engineering such as: Wireless Sensor Networks, Cloud Storage and data visualization through Mobile Applications. It is possible to achieve the integration of these, increasing their possibilities of applications in the daily environment, associated with the development of technologies involved in the Internet of Things (IoT) and in the Fourth Industrial Revolution.

The Wireless Sensor Network is implemented with XBee S2C modules from the supplier Digi using the Digimesh protocol, together with an Arduino Uno microcontroller and an ESP-01 WiFi module. The database was implemented in Firebase and an application for the Android Operating System was developed to visualize the data.

The implementation and integration of different technologies enables real-time monitoring of different desired variables and a practical and economical solution for users.

Palabras clave: Integración de Tecnologías; Redes de Sensores; La nube; IoT; Industria 4.0.

Keywords: Technology Integration; Sensor Networks; Cloud; IoT; Industry 4.0.

Introducción

La evolución y desarrollo de las Tecnologías de la Información (TIC) en los últimos 50 años ha sido tan acelerada que se espera que para este año existan entre 50 y 70 mil millones de dispositivos conectados a internet, de los cuales solamente 6 mil millones serían a través de smartphones. La cantidad de información digital disponible rondará los 50 zettabytes y para el 2024 las conexiones máquina a máquina (M2M) crecerán hasta unos 27 mil millones (Marr, 2018).

Este desarrollo ha permitido transitar por la Cuarta Revolución Industrial, dando paso a tecnologías disruptivas relacionadas con las fuentes de energías limpias y sostenibles, empleo de materiales técnicos-reciclables, Big Data, la inteligencia artificial (IA) incluida en los sistemas de producción, permitiendo el desarrollo acelerado en ramas como la robótica, los sensores, las comunicaciones inalámbricas, los productos inteligentes y el internet de las cosas (IoT) (Garrell y Aguera, 2019).

Con la aparición de las nuevas tecnologías, también se ha trabajado fuertemente en la integración de las ya existentes, permitiendo la aparición de aplicaciones que automatizan procesos y aumentan el valor agregado de los productos y servicios. La integración de tecnologías en función de la solución de una problemática ha sido el objetivo fundamental de muchos desarrollos tecnológicos en los últimos años (Barrio, 2018).

Ejemplo de estas tecnologías se encuentran las redes de sensores inalámbricos como elementos principales de recolección de datos unido al almacenamiento de información en bases de datos en la nube y su visualización en aplicaciones móviles, lo cual nos permite su monitoreo en tiempo real (Realpe, 2017).

Siguiendo este esquema de integración se abre un amplio universo de aplicaciones asociadas al Internet de las Cosas (IoT) e Industria 4.0, por lo que en esta investigación se tiene como objetivo implementar una Red de Sensores conectados de forma Inalámbrica mediante el protocolo Digimesh que concentre la información en Firebase (base de datos en tiempo real) para que posteriormente sea visualizada por el usuario desde una aplicación móvil con Sistema Operativo Android.

Materiales y métodos

El sistema lo conforman tres tecnologías diferentes: red de sensores inalámbricos, almacenamiento en la nube y aplicaciones móviles. En la Figura 1, se observa un diagrama general del sistema propuesto:

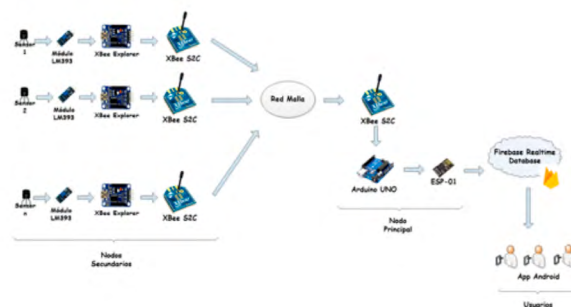


Figura 1. Diagrama general del sistema de integración de tecnologías.

Para la red de sensores inalámbricos se ha empleado cuatro módulos XBee S2C del proveedor Digi, conectados en topología malla utilizando el protocolo Digimesh. En este tipo de topología todos los nodos están conectados entre sí, cada nodo puede recibir y transmitir información lo que posibilita la creación de diferentes rutas alternativas. Esta topología presenta mayor fiabilidad en comparación a las otras y en caso de que algún nodo presente problemas, la transmisión de datos no se detiene (Pandya, 2013).

En la red se cuenta con un nodo principal el cual se encargará de inicializar y controlar la red. Está compuesto por los siguientes componentes: módulo XBee S2C (configurado como coordinador), microcontrolador Arduino Uno, shield XBee para Arduino Uno y el módulo WiFi ESP-01. El microcontrolador se encargará de recolectar la información suministrada por los nodos secundarios y el ESP-01 se encargará de la conexión y envío de la información vía WiFi hacia una base de datos en la nube (Firebase Realtime Database) para su almacenamiento.

En la Figura 2, se muestra la conexión eléctrica de los diferentes componentes del nodo principal.

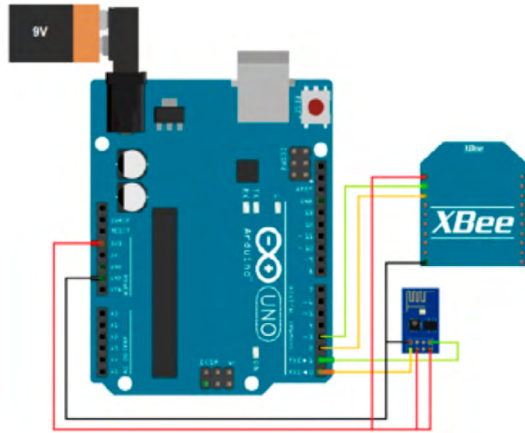


Figura 2. Conexión eléctrica de los componentes del nodo principal.

Los demás nodos de la red serán nodos secundarios y los mismos tendrán asociados a ellos sensores encargados de realizar mediciones del ambiente. Los nodos secundarios se conforman por los componentes: modulo XBee S2C (configurado como router), XBee Explorer, los sensores (Temperatura, Humedad del suelo, Lluvia) y un módulo basado en el comparador de voltaje LM393 para el acondicionamiento de la señal de los sensores.

En la Figura 3, se muestra la conexión eléctrica de los componentes que conforman los nodos secundarios.

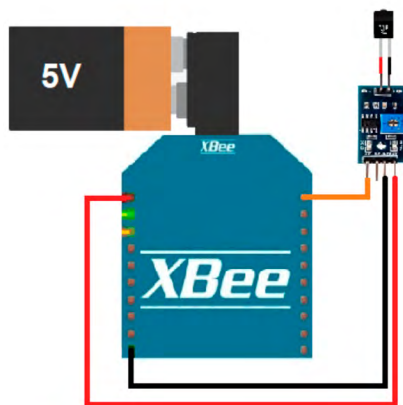


Figura 3. Conexión eléctrica de los componentes del nodo secundario.

En la Tabla 1, se muestra los parámetros configurados en los módulos XBee S2C tanto para los nodos secundarios como para el nodo principal.

Tabla 1. Configuración de los módulos XBee S2C.

Parámetro	Nodo Principal	Nodo Secundario	Observaciones
Canal	C	C	Canal de conexión de la red.
ID de la red	7FFF	7FFF	Identificador de la red.
Función	Coordinador	Router	Función de los módulos dentro de la red.
Identificador del nodo	Coordinador	Nodo n	Nombre para identificar a los módulos dentro de la red.
Modo	API	AT	Modo en cómo se configuran los nodos. El modo API convierte la información en una trama y el modo AT no.
D0	-	ADC	Habilitar el pin 0 como entrada analógica.
Frecuencia de muestreo	-	30 seg	Frecuencia de lectura del dato analógico.

Para el almacenamiento en la nube se utiliza Firebase, plataforma para el desarrollo de aplicaciones web y aplicaciones móviles integrada con Google Cloud Platform. Se utiliza uno de sus servicios: Firebase Realtime Database (base de datos en tiempo real), la cual permite compilar aplicaciones multiplataformas de iOS, Android y JavaScript y recibir actualizaciones automáticamente con los datos más recientes (Firebase, 2014).

La base de datos cuenta con tres campos que corresponden al número de nodos secundarios de la red, estructura sencilla para almacenar la información recolectada por los sensores. En la Figura 4, se muestra la estructura de la base de datos creada en la nube.



Figura 4. Estructura de la base de datos.

Después de creada la base de datos se desarrolla una aplicación en el Android Studio con el lenguaje de programación Java para la visualización de la información. La aplicación se sincroniza con Firebase Realtime Database, de forma tal que a medida que se actualicen los datos se mostrarán en la aplicación. Cuenta con una interfaz sencilla para el usuario que es capaz de visualizar los datos desde cualquier terminal móvil con Sistema Operativo Android conectado a Internet. En la Figura 5, se observa la interfaz de la aplicación móvil y los tres sensores identificados en los cuadros de textos en espera de leer los datos desde la base de datos en tiempo real.

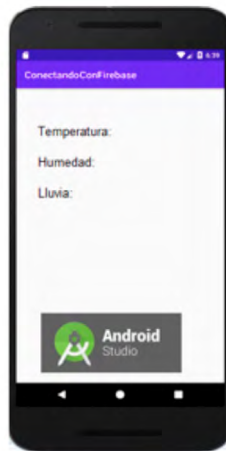


Figura 5. Interfaz de la aplicación móvil Android.

En el sistema se programaron tres elementos: el microcontrolador Arduino UNO, El módulo WiFi ESP-01 y la aplicación móvil. En la Figura 6, se muestra la lógica de la programación utilizada en forma de diagrama en bloque de los elementos.

gramación utilizada en forma de diagrama en bloque de los elementos.

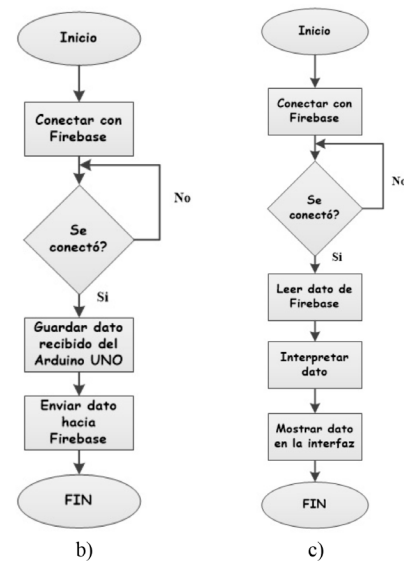
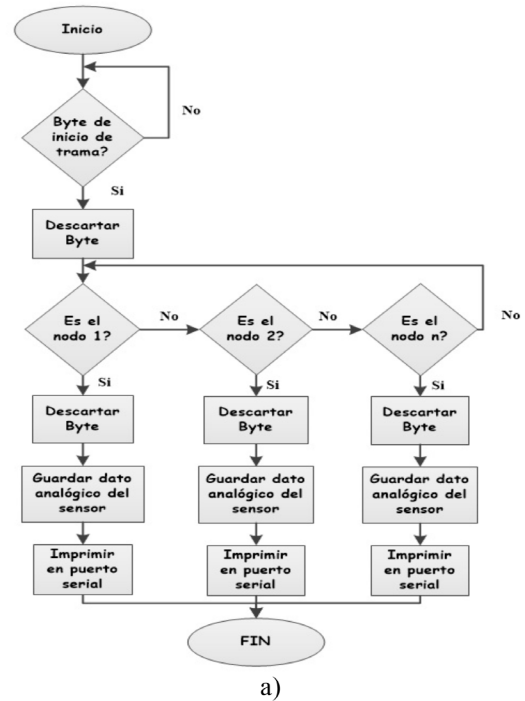


Figura 6. Lógica de programación. a) Arduino UNO, b) ESP8266, c) Aplicación en Android Studio.

Resultados

La estructura y configuración de los nodos implementados en la red de sensores inalámbricos se pueden observar en la Figura 7. El nodo principal es el más complejo debido a que en él se concentran la mayoría de las funciones descritas anteriormente.

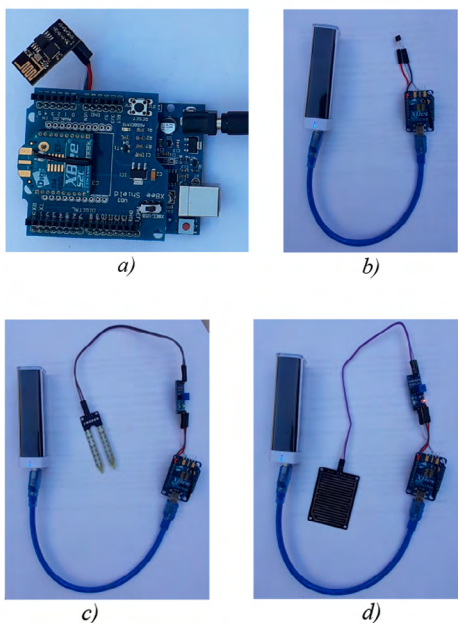


Figura 7. a) Nodo principal, b) nodo secundario 1, c) nodo secundario 2, d) nodo secundario 3.

Al implementar el sistema se observa desde el software de configuración XCTU (XBee Configuration and Test Utility) para los módulos XBee, como se entrelazan en topología malla, Figura 8a y como se recibe desde el nodo coordinador la información en forma de trama API, figura 8b.

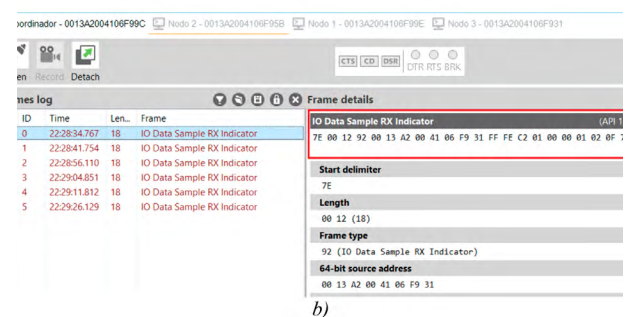
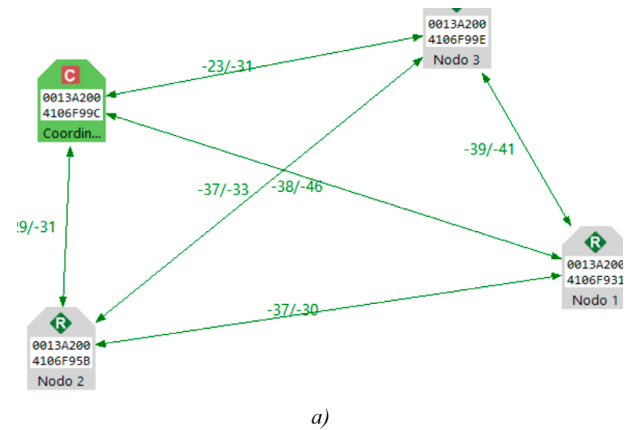


Figura 8. a) Conexión en malla de los módulos XBee S2C, b) Trama API recibida por el nodo XBee S2C configurado como coordinador.

En la Figura 9 se muestra la visualización de los datos recolectados por el nodo principal desde el puerto serial del microcontrolador Arduino Uno.



Figura 9. Salida del puerto serial del Arduino UNO.

En la Figura 10 se muestra los datos actualizados en la base de datos.



Figura 10. Base de datos Firebase actualizada con la información de los sensores.

En la Figura 11 se observa cómo los datos son actualizados en la aplicación en tiempo real cerrando todo el ciclo del recorrido de la información del sistema implementado.



Figura 11. Datos de los sensores visualizados desde la aplicación móvil.

Discusión

En el sistema mostrado se observa la integración de tres tecnologías: redes de sensores inalámbricos, almacenamiento de datos en la nube y aplicaciones móviles, que juntas posibilitan su utilización en amplias aplicaciones en un mundo cada vez más envuelto en el Internet de las Cosas (IoT) y en

la Industria 4.0.

La configuración en malla de la red le aporta importantes ventajas mencionadas con anterioridad y la conexión inalámbrica la convierte en un sistema adaptable a diferentes condiciones del entorno. A la información obtenida por los sensores, se le dio seguimiento a medida que se transmitía por los diferentes componentes: XBee S2C Coordinador, Arduino UNO y Firebase Realtime Database, hasta ser visualizada por la aplicación móvil.

En investigaciones recientes realizadas, donde se utilizan las redes de sensores inalámbricos para aplicaciones varias con hardware similar al sistema propuesto, implementan el almacenamiento y la visualización de los datos en computadoras personales limitando la movilidad del usuario final. En muchos de estos proyectos como: (Miñán, 2017) y (Tecnología & Quindío, 2018), recomiendan como continuidad de la investigación la integración con otras tecnologías como las abordadas en este trabajo.

En la investigación se utilizaron como ejemplo para mostrar la integración de las tecnologías solo tres nodos secundarios, pero cabe destacar que el protocolo Digimesh permite muchos más, como también permite la utilización de otros sensores adaptando este sistema a diferentes necesidades del usuario.

Conclusiones

En la presente investigación se ha implementado un sistema que integra tres tecnologías diferentes: las redes de sensores inalámbricos como recolectores de información confiables en condiciones de adaptabilidad a cualquier entorno, junto al almacenamiento de los datos en una arquitectura en la nube con un total respaldo y accesibilidad de los datos, sumado a la visualización en tiempo real desde cualquier dispositivo móvil con sistema operativo Android.

Las tecnologías por separado se utilizan en diferentes aplicaciones, pero al integrarlas en un sistema, aumenta considerablemente su valor de uso. La visualización de los datos en una aplicación móvil lo convierte en un producto sencillo de utilizar para los usuarios.

Las desventajas del sistema se relacionan con las propias de las redes inalámbricas asociadas a las interferencias y los ataques de hackers, aunque, la modulación utilizada y la implementación de codificadores robustos en los módulos XBee S2C para la transmisión de los datos contrarrestan eficazmente estos factores.

La medición en tiempo real de los sensores de temperatura, humedad del suelo y lluvia, conectados inalámbricamente y el almacenamiento de los datos en una base de datos en la nube logra el objetivo de la reciente investigación dando paso a futuras aplicaciones en el campo de la agricultura de precisión en un entorno local, muy apropiado para pequeños agricultores, tomando como base el sistema mostrado.

Referencias

Barrio, A. M. (2018). Internet de las Cosas (R. Calvo (ed.); 1ra ed.). Editorial REUS S.A. <https://doi.org/978-84-290-2038-0>

Firestore. (2014). Documentación y Ayuda de Firestore Realtime Database. Google LLC. <https://firebase.google.com/docs/database> [06/2021]

Garrell, G. A., y Aguera, L. G. (2019). La Industria 4.0 en la sociedad digital. (N. Gilbert (ed.); 1era ed.). Marge Books. <https://doi.org/978-84-17313-86-9>

Marr, B. (2018). Data Strategy, How to profit from a world of Big Data, analytics and the Internet of Things. (K. Page (ed.); 1era ed.). Ecoe Ediciones and TEELL Editorial S.L. <https://doi.org/978-958-771-659-7>

[org/978-958-771-659-7](https://doi.org/978-958-771-659-7)

Miñán, Y. P. (2017). Redes Ad hoc de sensores aplicadas a la medición de campos de viento. Universidad de las Palmas de Gran Canaria.

Pandya, K. (2013). Network Structure or Topology. International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Studies, 1(2), 22-27.

Realpe, S. (2017). Internet De Las Cosas Y Redes De Sensores Inalámbricos: Review (Issue April, pp. 32-36). <https://www.researchgate.net/publication/316438631>

Tecnología, P. De, & Quindío, U. (2018). Red de sensores inalámbricos para el monitoreo de variables microclimáticas en el Relicto Vegetal Cedro Rosado. Scientia et Technica, 23(4), 501-510. <https://doi.org/10.22517/23447214.16471>