

Implementación de un Sistema de Monitoreo de Parametros Ambientales y del suelo desde dispositivos fijos y móviles usando la Tecnología Zigbee para el uso eficiente del recurso hídrico en la Agricultura

Marco Jara¹, Lex Arauco¹, Pablo Abad², Ronald Paucar¹

marcojaraq@gmail.com, arau_lex@hotmail.com, rpaucar@unmsm.edu.pe, pablog.abad@gmail.com

¹Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos
FIEE-UNMSM

²Instituto de Software e Innovación Tecnológica
ISITEC

Resumen. *En este artículo, se desarrolla y se implementa un sistema de monitoreo de parámetros de temperatura, humedad ambiental, y humedad del suelo desde un ordenador con Labview y móviles inteligentes (smartphone) para el uso eficiente del recurso hídrico en la agricultura. Para el desarrollo de este proyecto se utilizaron tarjetas Arduino y tecnología Zigbee para transportar inalámbricamente los datos medidos desde sensores hasta un centro de monitoreo; donde un ordenador mostrará los datos medidos a través de una interfaz visual elaborada en Labview y desde una aplicación desarrollada para Android.*

Palabras clave: Android, Arduino, Zigbee, hídrico.

Abstract. *In this article, is described the process of developing and implementing a measurement system of environmental parameters to monitor temperature, environmental humidity and ground humidity; from a computer with Labview and smartphones to the efficient use of water in agriculture. For the development of this project, were used Arduino cards inside a Zigbee network to transmit wirelessly the measured data to a first monitor center, where a computer can show us the measuring of the data through a visual interface built with Labview and also from an application built for mobile devices with the Android operating system.*

Keywords: Android, Arduino, Zigbee, water.

1. Introducción

Una preocupación en los temas de tierras de sembrío ha sido el modo de riego. Es aún común el riego manual, el cual presenta desventajas, pues por un descuido humano puede haber exceso o falta de agua en el terreno dañando así lo que se esté sembrando, ocasionando pérdidas económicas y un posible desaprovechamiento en el uso del más importante recurso hídrico, es decir, el agua.

Por otra parte, en lo que respecta a la tecnología empleada, hoy se presentan diversas formas de realizar el monitoreo de parámetros, así como también mejoras para su desempeño buscando su integración con otras tecnologías, y de esta manera aprovechar las cualidades de estas últimas. Es en este sentido que lo mencionado anteriormente fue también una motivación para la realización de este trabajo.

En este proyecto, se está presentando una alternativa a un bajo coste de un sistema en el que se integran diversas tecnologías (Arduino [Arduino], Zigbee [Zigbee], LabVIEW [LabVIEW] y Android [Android]), con el objetivo de monitorear parámetros desde una posición fija o móvil, que nos puede suministrar un sensor en general; donde se podría variar el tipo de sensor y obtener una variedad de aplicaciones en diferentes escenarios (monitoreo en agricultura, ganadería, contaminación, rayos UV y otros). El presente trabajo está destinado, inicialmente, su uso en el riego tecnificado en tierras de sembrío. Es allí donde no se suele dar un uso eficiente al recurso hídrico, el agua.

El sistema de monitoreo de parámetros ambientales consiste en una red de nodos (compuesto de una tarjeta

Arduino y un módulo Zigbee) punto a punto a través de la cual se transporta los datos de los parámetros medidos de los sensores para que puedan ser visualizados en un ordenador y en un dispositivo móvil. Para la medición de los parámetros ambientales, se ha experimentado con un sensor de *temperatura, humedad ambiental, y humedad del suelo.*

Se han realizado las pruebas, de manera exitosa, del funcionamiento del sistema, simulando el sembrío y riego en el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica de la UNMSM, pudiendo visualizar los parámetros medidos en tiempo real.

2. Trabajos previos

Los trabajos previos vinculados a este artículo se detallan a continuación:

En lo que concierne a la implementación del sistema usando tecnologías similares, se encontró trabajos parecidos, como lo es [Martínez13], en el cual se realiza un trabajo con las tecnologías Zigbee, Arduino, Android y Bluetooth, siendo esta última la usada para la comunicación del dispositivo móvil con el Arduino mediante un módulo Bluetooth HC-05, teniendo como propósito el envío de datos como *on-off* hacia el Arduino encendiendo o apagando un pin deseado en otro Arduino, estableciendo así un control desde un lugar remoto.

Luego con relación a la aplicación del sistema se encontraron trabajos que guardan similitud, como en [Echarte12] donde se habla de un sistema de riego tecnificado usando el método Penman Monteith que hace uso de minuciosos parámetros. Este proyecto está orientado a trabajar específicamente con la plataforma

Arduino dejando al margen el monitoreo remoto, así como el uso de alguna red inalámbrica para la obtención de parámetros.

En [Bladimir14], presenta un monitoreo y control para el riego tecnificado, usando una red Zigbee, una plataforma Arduino, específicamente el Arduino Mega ADK (Android Developers Kit), que en comparación con el Arduino1 presenta mayores facilidades para la comunicación con dispositivos Android, pero al mismo tiempo supera el precio del mencionado Arduino1, con un precio duplicado. El monitoreo desde otro dispositivo Android se basa en guardar los datos medidos en un archivo Spreadsheet y subirlos a una cuenta de Google para luego descargarlo en un dispositivo móvil de ubicación remota y así poder visualizarlos.

3. Descripción del sistema de monitoreo

En la Figura 1, se muestra un diagrama del sistema implementado, uno de los nodos es definido como coordinador (Nodo2) y el otro como dispositivo final (Nodo1) los cuales se comunican inalámbricamente. El sensor envía como datos el valor que esté registrando hacia el Nodo1, el cual cumple la función de recoger los datos y enviarlos hacia el Nodo2 quien entrega los datos recogidos a un ordenador que podrá mostrarlos en una interfaz gráfica a través de Labview y una vez los datos se encuentren en el ordenador, mediante una aplicación en Java se envían estos a un servidor que los almacenará en una base de datos, para que luego el servidor pueda suministrar los datos a un dispositivo móvil que haya efectuado una petición de los mismos a través de una aplicación en Android y así poder visualizar los datos registrados en un móvil desde cualquier lugar que nos localicemos con conexión a internet.

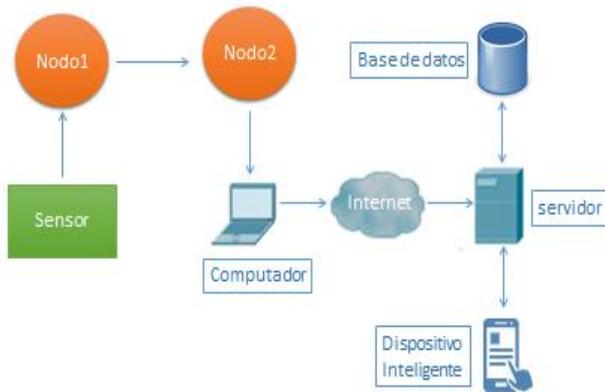


Figura 1. Diagrama del sistema de monitoreo de parámetros ambientales

4. Diseño del sistema

4.1. Diseño de componentes de software

Para el desarrollo de software, se contempla la codificación de módulos que interactúen entre sí para lograr el objetivo del proyecto. Los módulos utilizados son:

- Arduino
- Java Escritorio

- Java Web
- Base de datos MySQL
- Xamarin Android

El diagrama de componentes de software del sistema de monitoreo se muestra en la Figura 2.

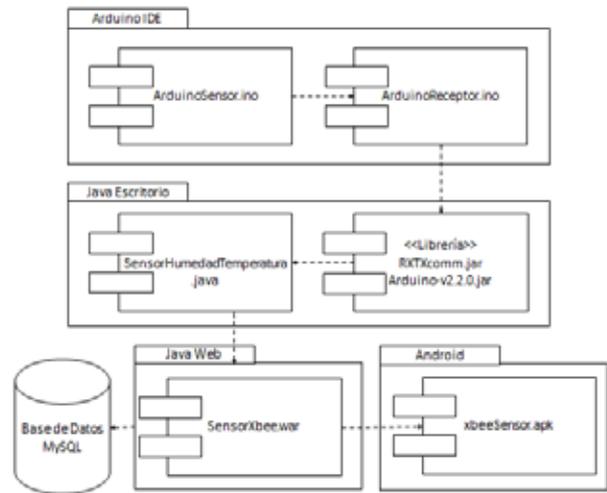


Figura 2. Diagrama de componentes de Software.

4.2. Diseño del entorno Labview

El programa Labview nos permite comunicarnos con una tarjeta Arduino por medio del puerto serial. En la Figura 3, se muestra el diseño de todos los bloques usados, para diseñar nuestro programa en Labview, para el cual usamos bloques NI-VISA [Lajara11]. Estos bloques fueron diseñados por la empresa de National Instruments para establecer conexión por medio del puerto serial con diferentes dispositivos electrónicos como los Arduino, microcontroladores, FPGA, entre otros. Los bloques NI-VISA nos permiten configurar tanto la velocidad a la que se está recibiendo los datos por el puerto serial como el puerto que está usando el Arduino para poder establecer la comunicación serial. También se usa un bloque de conversión que nos permite mostrar los datos en el formato numérico entendible, el decimal y no en valores hexadecimales como son los que provienen por el puerto serial. Esto último se da porque los datos seriales se transmiten byte por byte, es decir son caracteres, y el valor inicial que se recibe es un número hexadecimal que representa al carácter de acuerdo a la tabla de código ASCII, y es de esta manera que los datos pueden ser mostrados por la interfaz gráfica en una pantalla donde se pueden visualizar los parámetros ambientales a través del tiempo.

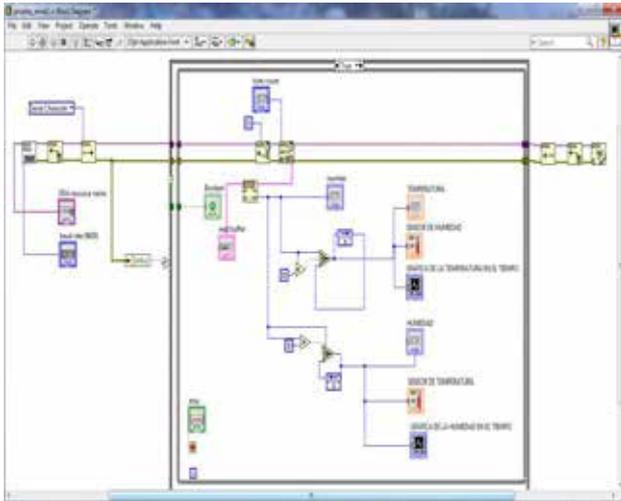


Figura 3. Diagrama del diseño en Labview

5. Implementación

5.1. Sensores

Para la experiencia en medición de parámetros ambientales en el aire, se utilizó el sensor DHT11 [D-Robotics10], el que se muestra en la Figura 4, que nos da una medida de la humedad y temperatura a la que se encuentre un ambiente determinado. En el uso de este sensor se usó una librería para Arduino [Garcia13].

Para la medición de parámetros en el suelo, se utilizó el sensor HL-69 junto a su circuito de control HL-01 [Dealsmachine], que se muestran en la Figura 4, juntos devuelven una medida de la humedad a la que se encuentre el espacio de tierra elegido. Este sensor se basa en la resistencia que presente el medio a medir, para terrenos muy húmedos o enlodados habrá muy poca resistencia, pues el agua actuará como buen conductor, para terrenos secos la conductividad será baja.

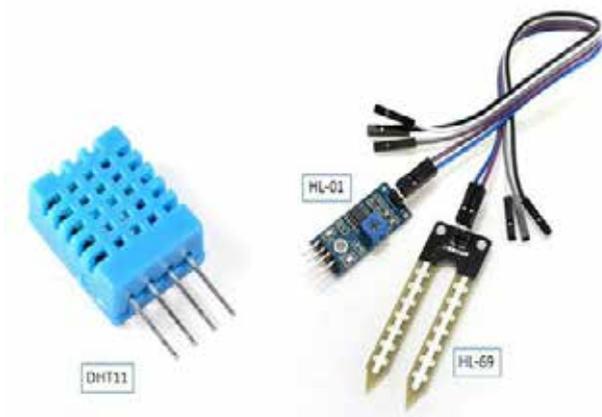


Figura 4. Sensores

5.2. Tarjeta Arduino

Se eligió para el desarrollo del proyecto, el Arduino 1, que se muestra en la Figura 5, dado que es muy comercial, siendo fácil obtenerlo, es de menor coste y tiene las capacidades suficientes para implementar el proyecto.



Figura 5: Arduino 1

5.3. Dispositivos Zigbee

Para la comunicación inalámbrica punto a punto, se utiliza la tecnología Zigbee que trabaja según el protocolo estándar IEEE802.15.14 y los módulos empleados para usar dicha tecnología son los XBee Pro S2B, fabricados por Digi International. Para esta versión del proyecto, los Xbee son configurados en el modo transparente ya que solo se desea intercambiar datos en forma de caracteres, entre dos únicos nodos. Además, internamente en la transmisión de datos se envían un ACK (de *Acknowledge*, acuse de recibo) que indica que se ha transmitido correctamente. La comunicación entre el XBee y el Arduino se realiza a través de una conexión serial.



Figura 6. Modulo XBee S2B Pro

5.4. Desarrollo de software

Arduino

Se desarrollaron dos programas, uno para cada Arduino en Arduino IDE (Integrated Development Environment, Entorno de Desarrollo Integrado), el primer programa fue ArduinoSensor.ino el cual lee los datos que recibe del sensor y los envía por su puerto serial al XBee, el segundo fue ArduinoReceptor.ino que recibe los datos en forma de carácter por carácter, programándose para que guarde los valores de cada carácter en un vector, para finalmente enviar este vector como una cadena de caracteres por su puerto serial.

Labview

El Labview nos permite monitorear los datos medidos por los sensores que fueron enviados y recibidos inalámbricamente por el Xbee, uno de transmisión y el otro de recepción, para que finalmente estos datos puedan ser enviados por el puerto serial hacia el ordenador y así poder mostrarlos por medio de una interfaz gráfica que nos permitirá ver cómo varía en el tiempo la temperatura y la humedad. Todo esto gracias a que el Labview tiene la facilidad de comunicarse con diferentes dispositivos y módulos electrónicos por el puerto serial.

Java Escritorio

Se construyó una aplicación Java [Java] para ordenadores de escritorio en el entorno de desarrollo integrado Netbeans y se añadió la librería de Arduino para Java, luego se creó la clase SensorHumedadTemperatura.java, la cual realiza la conexión con el Arduino, recibe los datos y posteriormente los envía a través de una petición HTTP GET a la dirección IP del servidor de aplicaciones.

Java Web

Se creó una aplicación de Java Web en el IDE Netbeans, el cual genera un programa que podrá desplegarse en un servidor web que soporte Java. A este programa se le añadió un servicio web de tipo REST (*Representational State Transfer*, Transferencia de Estado Representacional). Este servicio web recibirá una petición HTTP por parte de cualquier cliente (Web, móvil, entre otros), se conectará a la base de datos MySQL, recuperará el dato solicitado y lo retornará mediante una respuesta codificada en un archivo XML con los datos de humedad y temperatura. Esta aplicación estará desplegada sobre un servidor Apache Tomcat accesible desde internet.

Android

Para el desarrollo en la plataforma de Android, se empleó la herramienta Xamarin [Xamarin], que permite el desarrollo en Android e iOS con el lenguaje C#, lo cual permite realizar un solo desarrollo para las tres plataformas de móviles con mayor presencia en el mercado (Android, Windows Phone e iOS), solo es necesario implementar las interfaces gráficas por cada una de estas plataformas y se puede reutilizar toda la lógica de la aplicación.

Se desarrolló la aplicación en el IDE Xamarin Studio. La aplicación realiza una petición HTTP GET al servidor de aplicaciones, una vez que obtiene los datos de éste, actualiza la interfaz gráfica mostrando los valores de humedad, temperatura y la hora en la cual fue tomada esta medición.

6. Experimentos y Resultados

Los experimentos del proyecto están basados en probar si el algoritmo desarrollado para nuestra aplicación tanto en Arduino, Android y LabVIEW estarán funcionando de acuerdo con lo deseado. Para esto se implementaron los circuitos necesarios para ser probados y modificados en caso sea requerido.

Para la realización de las pruebas, principalmente, en la experiencia 1 con el sensor de humedad de ambiente, se pensó en escoger lugares de condiciones ambientales relativamente estables; además de distintas y donde se pueda corroborar según la percepción humana el cambio de ambiente de uno más húmedo y frío que el otro. Es por ello y presentándose las facilidades de acceso al lugar se eligieron los ambientes de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica de la UNMSM. Cabe detallar que la universidad tiene cierta cercanía al mar. Además de ello la facultad se encuentra en un lugar de campo abierto, siendo los pisos superiores los más expuestos al frío y aire que corre por horas del atardecer y la noche, el otro lugar elegido fue un ambiente a puertas cerradas, pues se

esperaba que este sería el ambiente con mayor humedad y temperatura registrada respecto del otro. Se realizaron dos experimentos, uno para cada sensor.

6.1. Experiencia 1

En esta experiencia, se realizaron dos pruebas una en un ambiente cerrado y la otra en un ambiente abierto, la primera se realizó con el sensor DHT11 en un ambiente cerrado de la facultad a horas de la tarde, consiguiendo visualizar en una laptop la medición por medio del programa en LabVIEW, como se muestra en la Figura 7, registrando una temperatura de 27 °C y una humedad relativa de 78%.

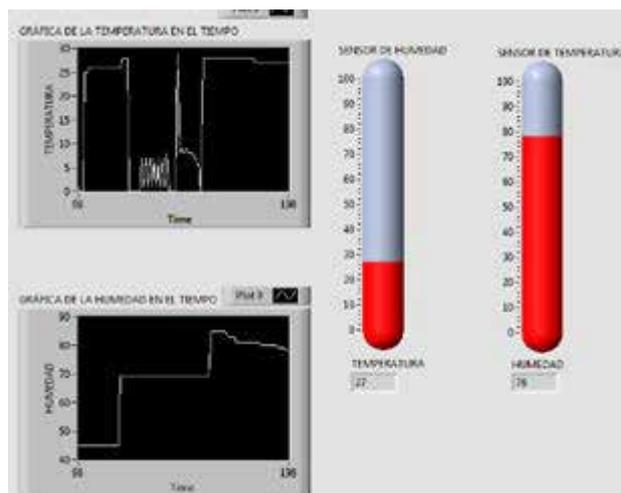


Figura 7: Captura de pantalla del programa LabVIEW en funcionamiento.

La siguiente prueba se hizo ubicando con el Nodo1 (Arduino y Xbee) junto con el sensor DHT11 en un ambiente que está ubicado en el tercer piso de la facultad y expuesto al aire libre, siendo además las 6:35 pm aproximadamente y con cierta sensación de frío en aquel lugar. El otro nodo se ubicó dentro del ambiente siendo la distancia de separación entre los nodos de 30 metros aproximadamente. Se instaló la aplicación xbeeSensor.apk en diversos móviles, uno de ellos fue el Samsung Galaxy s2 gt-i9100 para el que se muestra la captura de pantalla, como se muestra en la Figura 8.



Figura 8. Pantalla del móvil con la aplicación Android en funcionamiento.

6.2. Experiencia 2

En este segundo experimento, se usaron vasos de plástico con tierra en su interior agregándole ciertas cantidades de agua con el objetivo de simular distintos tipos de terreno según su humedad, siendo la lógica muy parecida a la del primer experimento, se modificó la aplicación y se instaló de nuevo en el móvil Samsung gt-i9100. Se muestra en la Figura 9 la medición hecha para un vaso con tierra húmeda.



Figura 9. Pantalla del móvil con los resultados de un sensor de humedad de tierra

6.3. Resultados

Respecto a la experiencia 1 se debe tener en cuenta que en un sensor de ambiente la humedad y temperatura será diferente en lugar cerrado que en un lugar abierto, a eso se debe que las mediciones sean distintas para ambos casos mencionados.

En cuanto a la experiencia 2, se ha de tener en cuenta que la resistencia mínima es una conductividad máxima y esto se da cuando los bornes del sensor estén cortocircuitados, es por ello que, luego, cuando se procedió a medir una tierra con exceso de agua, no se pudo llegar al máximo de humedad que sería 100% como en un principio se hubiese pensado, pues el agua también presenta resistencia y factores, como la salinidad también interfieren en la resistencia del medio a medir.

En general, se obtuvieron bajo estas condiciones los resultados esperados y satisfactorios, ya que los datos medidos, la transmisión inalámbrica y el monitoreo por LabVIEW y Android cumplieron con las expectativas requeridas en el sistema de monitoreo de las variables.

7. Conclusiones y trabajos futuros

Dentro del proyecto se diseñó e implementó un sistema que ha podido integrar tecnologías novedosas: Zigbee, Arduino, Android, Labview, creando así una plataforma que puede monitorear parámetros ambientales, como humedad y temperatura.

Dentro del concepto de aplicaciones futuras, tenemos la posibilidad de aplicar esta plataforma a un sistema de riego tecnificado en tierras de cultivo, dado su gran importancia en ese campo.

Este proyecto se puede extender de una red punto a punto a una topología de red mallada aumentando así el área de cobertura del sistema de monitoreo

Como se ha mencionado, este proyecto puede ser aplicado como plataforma para otros fines como conocer el tipo de suelo, la productividad del suelo, entre otros, así también para otros tipos de parámetros, como sensores de humo, por ejemplo.

Referencias bibliográficas

- [Arduino] Página web-Arduino. <http://www.arduino.cc/> (Último acceso 29 de julio del 2014)
- [Zigbee] Página web-Zigbee <http://www.zigbee.org/>. (Último acceso 29 de julio del 2014)
- [LabVIEW] Página web-National Instrument. <http://www.ni.com/labview/esa/> (Último acceso 29 de julio del 2014)
- [Android] Página web-Desarrollador <http://developer.android.com/index.html> (Último acceso 20 de julio del 2014)
- [Martinez13] Martinez, G. Salazar, E. Control Remoto Xbee con Arduino y Android, 2013, <http://www.conaee.org/conaee2013/ponencias/EE-31.pdf>
- [Echarte12] Echarte, G. Automatización de un sistema de riego por goteo mediante plataforma Arduino. <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/4811/577725.pdf?sequence=1>
- [Bladimir14] Bladimir, J. José M. García, F. Carmona, J. Automatización, monitoreo y control remoto de un sistema de riego agrícola con código abierto
- [Lajara11] Lajara, J. Pelegri, J. Labview: Entorno Gráfico de programación. Alfaomega, 2011, 476ps
- [D-Robotics10] D-Robotic. DHT11 Humidity & Temperature Sensor. <http://www.micro4you.com/files/sensor/DHT11.pdf>, 2010.
- [Dealsmachine] HL-69 Soil Humidity Moisture Detection Sensor Module with Dupont Wires (Arduino Compatible). http://www.dealsmachine.com/best_181135.html. (Último acceso 29 de agosto de 2014)
- [Garcia13] García, A. 2013. <https://docs.google.com/file/d/0B0hsUkhqWH97NnM5QWZIN0ZsYVE/edit>
- [Java] Página web-Java. <https://www.java.com/es/about/> (Último acceso 29 de agosto de 2014)
- [Xamarin] Página web-Xamarin <http://xamarin.com/platform> (Último acceso 29 de agosto de 2014)
- [MySQL] Página web-MySQL Database Management System (Último acceso 29 de agosto de 2014)