

## NODO PARA ADQUISICION DE DATOS BASADO EN WIFI

Cázarez Ayala Gerardo, Castillo Meza Hugo, Montes de Oca Flores José de Jesús,  
Valencia Rodríguez Lorena, Ortiz Ibarra Gustavo  
Instituto Tecnológico de Los Mochis  
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica  
Blvd. Juan de Dios Batiz y Calle 20 de Noviembre s/n, Colonia Centro  
C.P. 81200, Los Mochis, Sinaloa.  
Tel. 668-8125858  
[gcazare2000@yahoo.com](mailto:gcazare2000@yahoo.com), [hcastillo74@gmail.com](mailto:hcastillo74@gmail.com), [jhsmontes@hotmail.com](mailto:jhsmontes@hotmail.com)

### RESUMEN

El presente trabajo describe el diseño e implementación de un sistema de adquisición de datos y control de variables basado en comunicaciones inalámbrica WiFi. El presente prototipo ha sido desarrollado con la finalidad de proveer al estudiante de ingeniería electrónica en el ITLM y usuarios en general de una herramienta fácil de operar, útil y de bajo costo, con la cual sea posible la implementación de sistemas de monitoreo y control distribuido tanto en la industria como en el sectores comercial y residencial. El prototipo desarrollado, incluye una librería de software desarrollada en lenguaje de programación C# y es proveída al desarrollador con la finalidad de facilitar las tareas de administración y configuración de la red de trabajo. Asimismo, se describe la prueba del sistema, mediante una red de sensores implementadas para el monitoreo y control de las variables físicas en un invernadero en un cultivo de jitomate.

### 1. INTRODUCCION.

Existen en el mercado una gran variedad de productos orientados hacia la adquisición de datos, el monitoreo de variables y el control de procesos. Estos dispositivos son capaces de operar en forma distribuida y pueden comunicarse entre ellos mismos mediante diversos protocolos estándares de comunicación cableados como RS-485, HART, Profibus, Industrial Ethernet y Modbus entre otros. De igual manera los hay, aunque en menor cantidad basados en protocolos de comunicación inalámbrica como Bluetooth, Zigbee, USB Wireless, HART Wireless and WiFi.

Este trabajo se basa en el diseño e implementación de una unidad para la adquisición de datos inalámbrica basada en WiFi, misma que está enfocada a la medición, el monitoreo y el control de procesos productivos en la industria, aplicaciones de automatización comerciales y residenciales haciendo uso de uno de los protocolos de comunicación inalámbrica con la mayor aceptación en el mercado, con lo cual el presente sistema, aprovecha la infraestructura física en materia de telecomunicaciones que pueda pre-existir en el lugar de la aplicación.

Aunado a esto, WiFi goza de una gran aceptación y presencia en el mercado de dispositivos móviles y equipos de cómputo, mediante los cuales es posible la manipulación de los datos generados, como lo son: Computadores, Tablet, teléfonos móviles inteligentes, etc., lo cual tiene como principal finalidad, la de aprovechar la capacidad de comunicación de dichos dispositivos mediante este protocolo de comunicación y favorecer con esto el intercambio de datos y el desarrollo de aplicaciones para el monitoreo, administración y análisis de los datos recolectados en la aplicación desarrollada, y por ende, lograr que esta propuesta sea más atractiva para los desarrolladores de redes de sensores y sistemas de control distribuidos, comparada contra otros sistemas DAQ basados en estándares como *Zigbee* e *IEEE 802.15.4*.

La unidad es basada en el módulo de comunicación inalámbrica *RN-131C* de *Roving Network*, el cual está basado en el protocolo *IEEE 802.11 b/g* y tiene la capacidad de trabajar como módulo de comunicación inalámbrica o como unidad de adquisición de datos autónoma,

haciendo uso de sus propios recursos de entrada-salida análogas y digitales y con velocidades de transferencia de datos desde 11 Mbps y hasta 54 Mbps en sus especificaciones b y g respectivamente. De esta manera, cabe destacar una de las principales características de WiFi, su gran ancho de banda. Este nodo de adquisición de datos es capaz de proveer velocidades de transferencia desde 1 Mbps hasta 54 Mbps, el cual es extremadamente amplio para pequeñas aplicaciones de control, pero de requerirse la transferencia de altos volúmenes de información como datos, video y audio, estas aplicaciones serían ampliamente soportadas con estos dispositivos desarrollados.

El nodo cuenta con diversos recursos pre-configurados para la conexión de sensores y actuadores, entre los cuales destacan canales de entrada análogos, entrada-salida digitales e interfaces de comunicación serial UART y SPI. La unidad fue diseñada en base a pequeñas aplicaciones, en las cuales se tienen requerimientos de medición, monitoreo y control de no más de dos (2) variables análogas con sus respectivos actuadores y/o monitoreo y adquisición de datos de hasta 5 variables físicas análogas y dos (2) digitales por cada nodo utilizado en la aplicación desarrollada. Lo anterior porque cada nodo cuenta con solo 2 salidas digitales para manipular los actuadores de alguna variable.

Esto pudiera ser visto como una limitante del sistema, puesto que al contar con solo dos salidas digitales para actuar, podría verse limitada su aplicación. Mas sin embargo, no debemos perder de vista que la esencia del sistema es la capacidad de operar en forma distribuida, por lo cual, de requerirse un mayor número de salidas digitales para actuar en más de dos variables, como lo es posible con solo un nodo, el desarrollador tiene la capacidad de agregar un segundo nodo y actuar a través de las dos salidas digitales disponibles. El objetivo de esto, es lograr un nodo de adquisición de datos de tamaño reducido y bajo costo.

De esta forma, es necesario destacar que el nodo diseñado y desarrollado es capaz de trabajar en modo Stand-alone, aprovechando al máximo todos los recursos de procesamiento, almacenamiento de datos y entradas-salidas que

nos provee el módulo *RN-131C* de *Roving Networks*.

El modo de trabajo Stand-alone es el modo principal, aquí, el nodo opera a su máxima capacidad y saca provecho de los recursos del módulo de comunicación. En este modo de trabajo, no es necesaria la interacción con un microcontrolador u otro dispositivo inteligente, debido a que el sistema tiene la capacidad de adquirir las señales, generar los paquetes de datos y transmitirlos a la unidad de control central o coordinador de la red, en el cual se procesa los datos, se analizan y toman las decisiones y, si es el caso, se envía un comando de actuación por la salida digital correspondiente o a través de otro nodo si se desea. Como puede verse, este modo de trabajo no permite que se realicen acciones de control en sitio y por ende en tiempo real. Aun así, es posible implementar una acción de control, la cual llega en forma de comando desde una unidad de control central, sea esta un equipo de cómputo, un dispositivo móvil o un microcontrolador.

El Segundo modo de trabajo de la unidad de adquisición de datos, es cuando el nodo se comporta como un simple convertidor de comunicaciones serial UART o SPI a inalámbrica. De esta manera, es posible agregar un microcontrolador o microprocesador, el cual adquiera las señales y controle el proceso en tiempo real, si es el caso, y este pueda ser supervisado a través de un enlace inalámbrico WiFi que le proporciona el nodo. Para esto, el módulo de comunicación deberá ser pre-programado para operar como *gateway* y utilizar alguna de sus interfaces seriales UART o SPI según los requerimientos del usuario.

## 2. DESARROLLO

El sistema está conformado por dos componentes principales, el primero de ellos es una tarjeta electrónica implementada completamente en tecnología de montaje superficial la cual se basa en el módulo de comunicación *RN-131C* de *Roving Networks* y un software para la configuración y programación de los nodos, además que provee al usuario con la capacidad de supervisar y

administración todas las variables en la red. Este software se presenta en formato de librería, la cual fue desarrollada en C# y agrupa a un conjunto de funciones las cuales pueden ser utilizadas por el desarrollador para facilitar las tareas de implementación de aplicaciones de software orientadas a la creación, configuración y administración de la red de sensores o sistemas distribuidos basados en el nodo de adquisición de datos diseñado.

## 2.1. El Nodo de Adquisición de datos.

El nodo de adquisición de datos inalámbrico fue diseñado en una tarjeta electrónica, construida en circuito impreso PCB de doble cara y basado en tecnología de componentes electrónicos de montaje superficial. Soporta enlaces de comunicación TCP, IP, UDP, Telnet, FTP, HTTP, ARP, DNS cliente, DHCP cliente y conexión mediante WPS; a su vez es capaz de la creación de redes estructuradas independientes mediante conexiones ad hoc.

Una de las principales características de este sistema es el modo de operación de ahorro de energía en el cual suspende su operación así como todos sus periféricos de manera cíclica y al reactivarse se conecta a la red consiguiendo operar en pocos segundos.

El sistema puede operar en modo *Stand-alone*, es decir, el sistema no requiere de algún dispositivo inteligente como un microcontrolador para operar, bajo este modo de trabajo se toma ventaja de todos los recursos que ofrece el módulo de comunicación *RN-131G*, los cuales son: 7 entradas analógicas de 12 bits de precisión, 2 entradas digitales y 2 salidas digitales. Es en este modo de trabajo en el cual el sistema puede ser controlado remotamente a través de comandos enviados vía RF, entre los cuales se encuentran: comandos para la toma de muestras analógicas y digitales, establecimiento de estados en las salidas digitales y diagnóstico de la conexión. Cabe destacar que el nodo al no contar con un microcontrolador o algún otro dispositivo programable, carece de la capacidad de procesar los datos por sí solo, en este sentido, el nodo es utilizado como una extensión inalámbrica para la toma de muestras y actuación inalámbrica de

la consola central o computador personal en el cual, una vez recibidos los valores de las variables muestreados en el nodo, pueden ser procesados y llevar a cabo alguna acción de control mediante una de las salidas digitales del mismo nodo o cualquier otro nodo, según su ubicación geográfica y disponibilidad de salidas para actuar.

Esto es sin duda, una de las ventajas de trabajar en un sistema distribuido, el hecho de que el usuario pueda visualizar de manera central la totalidad de sus recursos de I/O asignarlos para una u otra tarea. En su defecto, a falta de disponibilidad de recursos o recursos geográficamente alejados del lugar donde se requiera para actuar, puede simplemente agregarse un nodo extra. Cabe destacar que el módulo *RN-131C* permite programar sus recursos de I/O de forma diferente, en la cual se cuente con un mayor número de salidas digitales si se desea. En este caso esta fue la configuración deseada con propósito de operar el mayor número posible de entradas analógicas para probar el desempeño y velocidad del sistema en la toma de muestras.

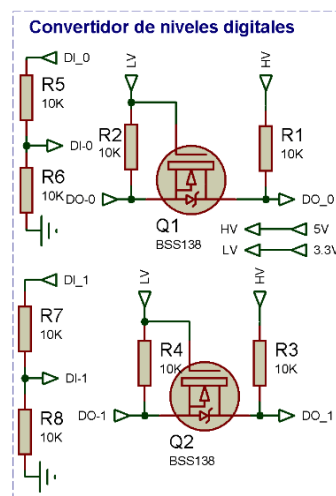


Figura 1. Esquema de acondicionamiento de voltajes.

Las entradas y salidas digitales son sensibles a niveles de voltaje 0 y 3.3 volts y fueron pre-acondionadas para operar niveles de voltaje de 0 y 5 volts. En la figura 1 se ilustra el acondicionamiento de voltajes para las entradas y salidas digitales a 5 volts donde se destaca el transistor Mosfet BSS138.

Las entradas analógicas cuentan con un rango de sensibilidad de 0 a 400 mili Volts y en el sistema se encuentran pre-acondicionadas para aceptar señales estándares analógicas en rango de 0 a 5 volts.

Por otro lado, si se deseará llevar a cabo aplicaciones de control de procesos más rápidas y eficientes, el sistema puede ser utilizado como un módulo de comunicación inalámbrica operando junto con un microcontrolador, con este fin, cuenta con una interfaz serial SPI para comunicación con un microcontrolador y una interfaz USB para propósito de configuración o comunicación con un computador o dispositivo con puerto USB Host.

El sistema incluye sensor de temperatura y humedad relativa del aire, ambos embebidos en el diseño, con la finalidad de dotar al usuario con la capacidad de medir estas dos variables de forma rápida y confiable. Dichos sensores han sido conectados internamente a 2 entradas análogas (canales 6 y 7 del módulo), dejando disponibles para el desarrollador solo cinco de los siete canales analógicos con que cuenta el nodo. Lo anterior en función de que son dos de las variables más comúnmente requeridas en una aplicación. En este sentido fue seleccionado el módulo sensor HMZ433A1, el cual incluye ambos sensores integrados y presenta buena precisión y es de bajo costo. Finalmente, puede operar la tarjeta como un sistema DAQ almacenando la información recolectada periódicamente en memoria flash embebida para posteriormente ser transmitida a la unidad central utilizando protocolo de transferencia de archivo, FTP.

## 2.2. Comunicación USB

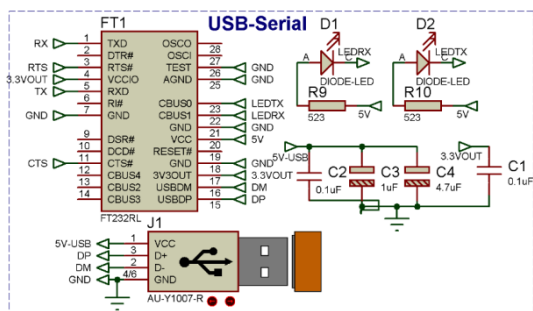


Figura 2. Esquemático interfaz USB

Para la comunicación cableada del módulo con una PC se utilizó un convertidor de USB a serial de la familia FTDI por medio del circuito integrado FT232RL con encapsulado superficial y un conector USB mini B. La tarjeta de adquisición de datos cuenta con la posibilidad de ser alimentada por medio de la conexión USB para lo que solo es necesario mover el selector a la posición marcada con la palabra USB.

En la figura 2, se ilustra el diagrama esquemático de la comunicación serie a través de puerto USB y su interconexión con el módulo de comunicación WiFi *RN-131C*.

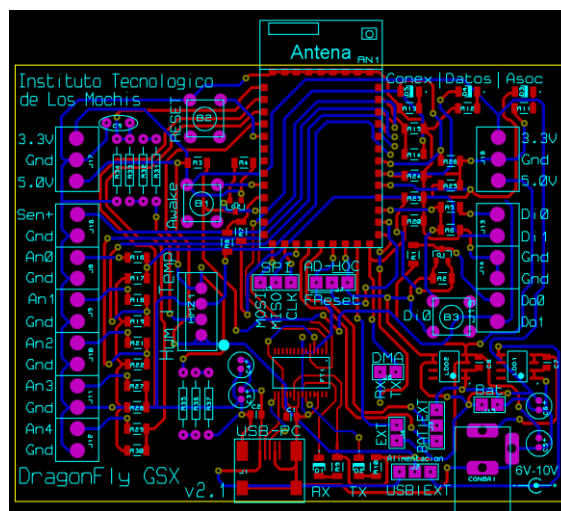


Figura 3. PCB de la unidad desarrollada

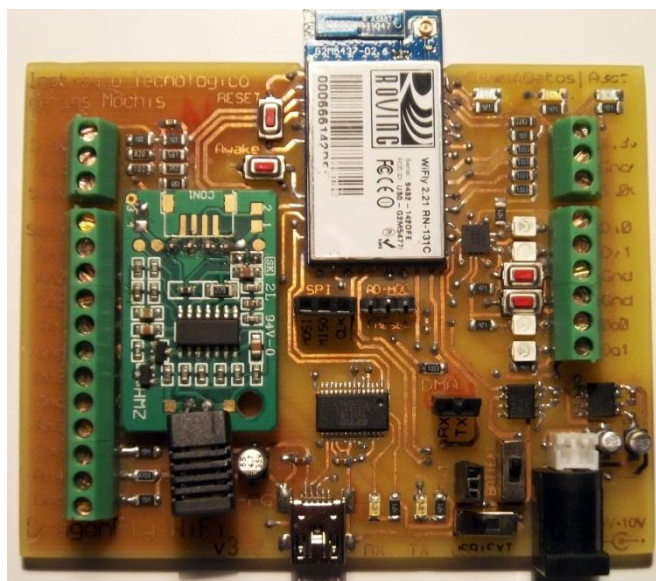


Figura 4. Prototipo del sistema DAQ

La figura 3 ilustra el diagrama PCB de la Unidad DAQ y Control de Procesos desarrollada, en la cual se pueden ver los trazos de las pistas de conexión del sistema, el cual fue implementado a doble cara y seguidamente en la figura 4, se observa una imagen real del prototipo completamente terminado.

### 2.3 La Herramienta *EasyWiFiTool*.

Una de las principales fortalezas de este sistema de adquisición de datos y control de procesos se basa en la inclusión de una herramienta de software denominada *EasyWiFiTool*. Este software fue desarrollado en C# con el principal objetivo de facilitar las tareas de configuración de los nodos de adquisición de datos, programarlos y una vez implementada la red de trabajo llevar a cabo el monitoreo y la supervisión de los mismos nodos, proveyendo con esto al usuario con una herramienta poderosa, útil, fácil de usar y económica para la supervisión de las variables y administración de la totalidad de los recursos de la aplicación.

En la figura 5, se ilustra la pantalla principal de la aplicación *EasyWiFiTool* implementada, la cual está basada en las librerías de funciones desarrolladas con este propósito. Aquí se aprecian los principales parámetros de configuración leída de un módulo DAQ a través del puerto WiFi del PC.



Figura 5. Pantalla principal *EasyWiFiTool*

A través de esta herramienta, el usuario puede realizar tareas de supervisión de la red, monitoreo de las variables, establecimiento de consignas o estados de las salidas de actuación y permite al operador obtener una tabla de los valores de las variables en la red y el estado de

las salidas en cada uno de los nodos de adquisición de datos, y si lo deseará podría forzar el estado de los actuadores.

Cabe destacar que todas las funciones de inicialización de la red, comunicación con los nodos, direccionamiento de unidades remotas, manejo de los paquetes de datos, procesamiento de las secuencias hexadecimales, extracción de parámetros del paquete de datos, establecimiento de salidas digitales, lectura de entradas digitales y análogas, etc., son realizadas por las funciones en la librería y el usuario solo desarrolla la interfaz gráfica.

### 3. PRUEBAS Y RESULTADOS.

El sistema desarrollado fue probado en el monitoreo de las variables física en un cultivo de jitomate mediante la técnica de hidropónico realizado en invernadero sin contar con algún grado de automatización previamente excepto el vertido de los nutrientes a través de la corriente de agua en el método de siembra implementado. El área de prueba tiene dimensiones de 20X100 metros y las variables monitoreadas fueron temperatura del aire, humedad relativa del aire y concentración de dióxido de carbono CO<sub>2</sub> en el interior del invernadero. Además de la temperatura en el exterior y humedad relativa del aire, estas últimas fueron tomadas de la estación meteorológica pre-existente en lugar. Lo anterior en virtud de que se determinó que estas tres variables son las más críticas para el buen desarrollo del cultivo de jitomate.

En el desarrollo de estas pruebas se utilizaron los sensores de humedad y temperatura incluidos en la unidad DAQ desarrollada y se agregó el sensor de CO<sub>2</sub> MG811 de *Hanwei Electronics*, en el canal de entrada análoga 0.

La aplicación fue configurada para operar con 4 unidades DAQ WiFi en área de 20X25 metros, cubriendo la totalidad del sector de prueba, además 1 unidad extra con la finalidad de manipular los actuadores, una bomba de aspersión para generar brisa agua en el interior del invernadero para controlar la humedad y un control de apertura de barreras de aire y ventilador/extractor simultáneamente para controlar la temperatura en el interior del invernadero.

Se logró la implementación de una red mediante un Access point comercial D-Link y se configuraron las 4 unidades de adquisición de datos para operar la toma de muestras de las variables en forma periódica cada minuto, en base al RTC que incluye el módulo RN-131C y por supuesto que trabajara en modo de ahorro de energía, completamente dormido, despertando periódicamente a través de interrupción del mismo RTC. Los datos se concentraron en un módulo coordinador basado en un microcontrolador *FEZ Panda II* de *GHI Electronics*, el cual fue programado en C# y se utilizó las librerías *EasyWiFiTool* para el manejo de los paquetes de datos y tablas de valores. El coordinador determinó los valores promedios de temperatura, humedad y CO<sub>2</sub> en el invernadero y transmitía la orden a la unidad 5, a través de la cual se actuaba. Los rangos de operación óptimos para el cultivo de jitomate son: Temperatura de 18 a 28 °C, Humedad mínima del 40% y una concentración de CO<sub>2</sub> de 600 a 900 ppm.

En la figura 6 se ilustra un esquema de la red implementada en el invernadero.

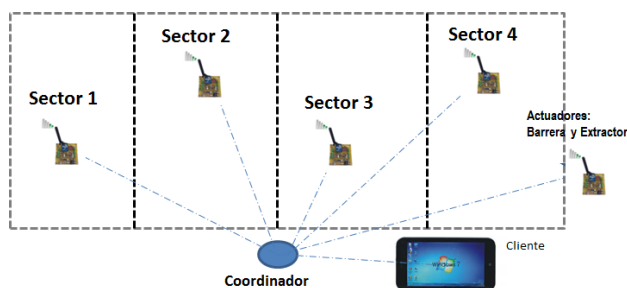


Figura 6. Esquema de la red

Una vez implementada la red en el invernadero desarrollamos pruebas de comunicación, estas pruebas fueron realizadas a cada uno de los nodos en el sistema y consistía en mandar una orden para que complementara el estado de sus salidas digitales en un ciclo de 2000 repeticiones el comando a cada una de las unidades, la totalidad de las muestras fueron exitosas. Cabe destacar que la distancia máxima del coordinador (cercano al Access point) a la unidad DAQ más lejana fue de aproximadamente 70 metros lineales y fue la unidad 5, a través de la cual se activaban los

actuadores. Creemos que en estas pruebas fue provechoso el aspecto de que un invernadero no presenta obstáculos internos.

También se realizaron pruebas de velocidad, las cuales se llevaron a cabo mediante el envío de un comando de *toma de muestras* y se controló mediante un temporizador en la aplicación, así se conocía el tiempo que transcurría desde que se enviaba el comando hasta la llegada de la respuesta al mismo. Esta operación se realizó en 2000 ocasiones de forma repetida a alguna de las unidades en la red implementada seleccionada de forma aleatoria. Los resultados variaron en el rango de 1020 a 1085 microsegundos.

#### 4. CONCLUSIONES

De esta manera hemos logrado el diseño e implementación de un sistema capaz de trabajar en red, que proporciona al usuario la capacidad de supervisar procesos productivos de forma inalámbrica, tomando ventaja de la infraestructura de telecomunicación previamente instalada (red inalámbrica WiFi si es el caso), de forma rápida, fácil y económica. Además que en las pruebas realizadas se visualiza que en aplicaciones de automatización de invernaderos es una buena alternativa a los sistemas automáticos tradicionales para este tipo de aplicaciones basados en controladores lógicos programables.

En cuanto a la falta de acción de control en campo, debido a que el sistema opera como unidad de *I/O distribuida*, esto es compensado con las velocidades de transferencia de paquetes obtenidas en las pruebas realizadas en el Invernadero, cuya demora máxima fue de 1.085 milisegundos, valores bastante aceptables para todos aquellos procesos cuyas variables no requieren de una acción inmediata y se requiera de facilidad, sencillez y bajo costo en el sistema de control.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Roving Networks, *WiFly User Manual*, [http://www.rovingnetworks.com/resources/download/93/WiFly\\_User\\_Manual](http://www.rovingnetworks.com/resources/download/93/WiFly_User_Manual), [Último acceso: 17 Enero 2012].
- [2] IEEE Computer Society, *Get IEEE 802.11: IEEE Standards Association*,

<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.11-2007.pdf>, 2012.

[3] Roving Networks. **WiFly GSX 802.11 b/g Wireless LAN Module**, [http://www.rovingnetworks.com/resources/download/11/RN\\_131](http://www.rovingnetworks.com/resources/download/11/RN_131), 2011.

[4] E. Biagioni y S. Giordano, **Topics in Ad Hoc and Sensor Networks**, IEEE Communications MAGAZINE, vol. 45, n° 12, p. 82, December 2007.

[5] Nicolás Castilla, **Invernaderos de plástico: tecnología y manejo**, Madrid, Mundi Prensa Libros, 2004.