

## Sistema de Monitorización y Control Agrícola

R. Estellés, S. Casans, A.E. Navarro, D. Ramírez, J. Sánchez  
Laboratorio de Electrónica Industrial e Instrumentación (LEII). Departamento de Ingeniería  
Electrónica. Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ETSE). Universidad de Valencia. C/Doctor  
Moliner 50. 46100 Burjassot. Valencia. España

[raulnaes@alumni.uv.es](mailto:raulnaes@alumni.uv.es); [scasans@uv.es](mailto:scasans@uv.es); [enavarro@uv.es](mailto:enavarro@uv.es)

### Abstract

Se presenta un sistema de monitorización agrícola basado en la implementación de una red de sensores dotados de comunicación inalámbrica. El sistema desarrollado se controla desde una estación base recogiendo información sobre temperatura, humedad relativa (tierra y aire), dirección y velocidad del viento. Según la información recogida, se controlan las diferentes válvulas de riego y abonado. El sistema implementado se basa en el uso de microcontroladores (pic de microchip), módulos transmisores y receptores de RF. Toda la información puede ser transmitida a cualquier dispositivo que disponga de comunicación RS-232, Bluetooth o Ethernet.

**Keywords:** Sensor network, wireless, remote control

### Introducción

El uso del agua es esencial en cualquier plantación agrícola en especial en nuestra región (Valencia) donde cada vez es más escasa y su precio cada vez más elevado. Por otra parte para realizar un uso óptimo del agua es necesario conocer algunos parámetros ambientales así como el estado de la tierra. De este modo es posible no sólo optimizar el uso adecuado del agua sino también mejorar la calidad de los frutos cultivados. El desarrollo de redes de sensores distribuidas en plantaciones agrícolas ofrece una gran mejora. Dicha mejora se traduce en una optimización de los recursos, en especial se evita realizar un mal uso del agua y mejora de la calidad de los frutos [1-4]. Es por ello que se ha desarrollado un sistema de monitorización agrícola totalmente general y por tanto aplicable a cualquier tipo de cultivo.

La Figura 1 muestra el diagrama de bloques del sistema de control y monitorización agrícola implementado (prototipo). El sistema se ha diseñado para controlar de forma simultánea 40 electroválvulas de riego que permiten regar 40 sectores de la plantación. En cada sector se distribuyen una serie de nodos remotos comunicados todos ellos mediante RF, pudiendo conectar un máximo de 256 nodos en el sistema. Se ha considerado una distribución de la plantación por sectores para poder disponer de cultivos diferentes y como consecuencia, las condiciones de riego y abonado también pueden ser diferentes para cada sector.

Los nodos remotos, permiten conocer las condiciones ambientales de los diferentes sectores y en función de la información recogida dar las órdenes pertinentes de riego o abonado. Para ello, todos los nodos remotos incluyen sus propios sensores y actuadores. En concreto los actuadores son dos electroválvulas que permiten bifurcar a partir de cada nodo remoto dos subsectores. De este modo es posible controlar cada subsector sin tener que enviar la información a la estación base. Los nodos remotos permiten realizar las siguientes funciones:

- Adquisición de la información recogida por los sensores instalados.
- Comunicación con el nodo central mediante el radio modem.
- Control de apertura y cierre de las electroválvulas asociadas.
- Comunicación mediante bus RS-485 para funcionar como nodo remoto 0 situado en la estación base.

Cada nodo remoto es capaz de sensar varios parámetros ambientales, éstos son: humedad relativa del aire, humedad relativa de la tierra, temperatura ambiente, velocidad y dirección del viento, nivel de batería.

Se distinguen dos tipos de nodos remotos, el primero de ellos (nodo 0) posee una conexión directa con la estación base mediante un bus RS-485, y se comunica simultáneamente con todos los nodos remotos mediante el radio modem. El resto de nodos, una vez conectados al sistema, no poseen una conexión física con el nodo de la estación base sino que se

comunican con el nodo central a través del nodo remoto que posee la conexión RS-485.

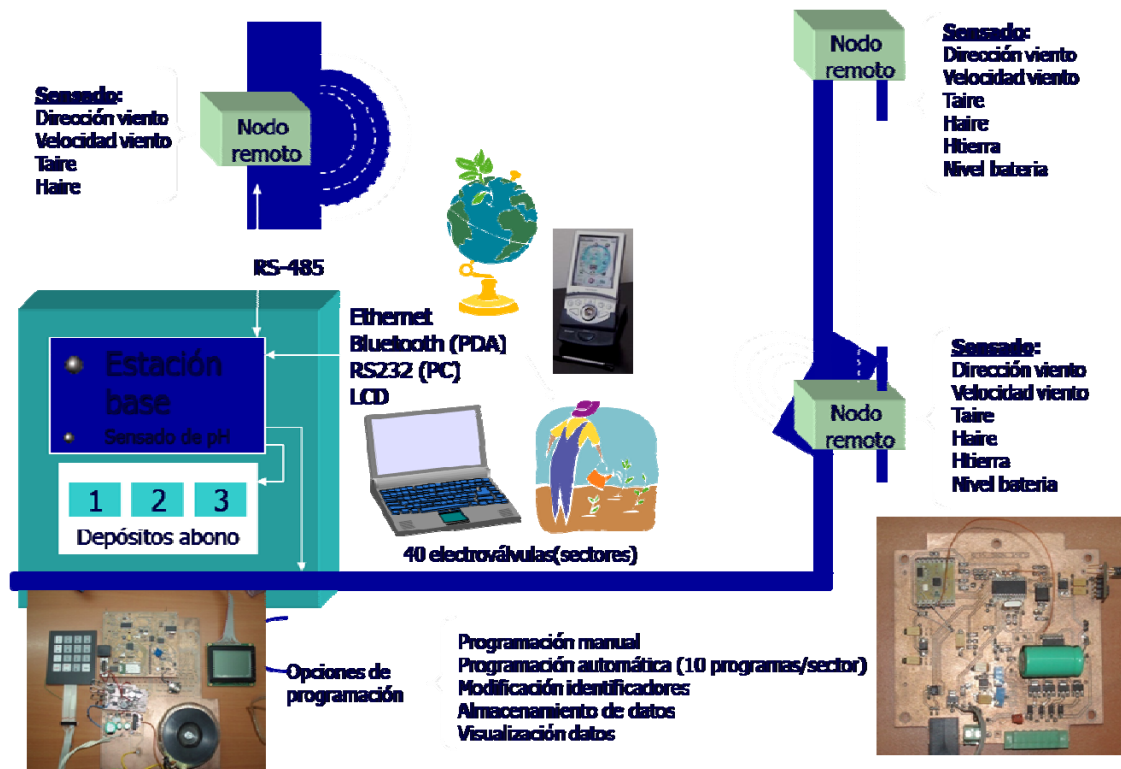


Figura 1. Diagrama de bloques del sistema de monitorización y control agrícola implementado.

## Estructura del Sistema de Monitorización y Control

Tal como se ha indicado en el apartado anterior el sistema de monitorización y control está formado básicamente por dos tipos de nodos. El nodo central instalado en la estación base y los nodos sensores ubicados en la plantación.

### A. Hardware:

Seguidamente se describen las principales características hardware de ambos nodos.

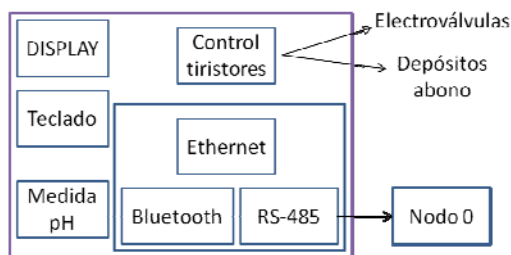


Fig. 2. Esquema de las diferentes comunicaciones y módulos que incluye el nodo central.

**Nodo central:** La Figura 2 muestra el diagrama de bloques del nodo principal ubicado en la estación base. Éste incluye como elemento principal un microcontrolador, también incluye una mini-estación metereológica. El resto de nodos mantiene la estructura del nodo central pero con la posibilidad de poder añadir de forma sencilla mayor número de sensores.

Este nodo se encarga de realizar las siguientes funciones:

- Comunicación con el controlador de Ethernet modelo TIBBO, éste actúa como puente RS232-Ethernet permitiendo establecer comunicación con el sistema de monitorización a través de Ethernet. De este modo es posible controlar el sistema de monitorización sin necesidad de tener que desplazarse hasta la plantación.
- Comunicación con los módulos remotos a través del Nodo 0 mediante el protocolo de comunicación RS-485, desde éste hacia el resto de nodos remotos. La comunicación se realiza a través de un radio modem funcionando a la frecuencia libre de 433MHz.
- Comunicación Bluetooth.
- Comunicación serie RS-232 con el microcontrolador PIC18f2550. Este microcontrolador se encarga de la

adquisición del nivel de pH a través del convertidor analógico digital AD7813.

- Control del display gráfico POWEETIP TECHNOLOGY T6963. Hemos decidido emplear un display grafico y no un display LCD clásico, ya que puedo emplear este para representar texto, y al mismo tiempo puedo utilizarlo de igual forma para realizar representaciones graficas. Otro de los factores, es que este dispositivo, puede ser configurado de manera que podamos representar 128 caracteres si se configura su área de representación con 8 filas y 16 columnas con un precio bastante menor que si adquirimos un display LCD clásico con estas mismas características.

- Control de los tiristores que permiten controlar la apertura y cierre de las válvulas para el control del riego. Debido a la gran cantidad de válvulas que el sistema es capaz de controlar, es necesario utilizar un dispositivo adicional que actúe como multiplexor, en concreto se ha utilizado el dispositivo MCP23017 de microchip.

- Teclado matricial 4x4.

La Figura 3 muestra con mayor detalle el nodo principal, éste se ha dividido en dos módulos. Uno de ellos dedicado en exclusiva a proporcionar la alimentación del sistema y control de los tiristores, tanto para abrir o cerrar las electroválvulas de los diferentes sectores de riego como para controlar el abonado de la plantación.



Fig. 3. Módulo de alimentación y control.

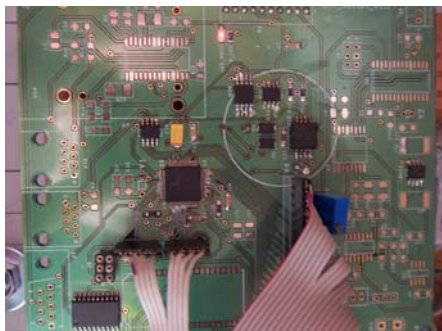


Fig. 4. Módulo control, supervisión y comunicación del sistema de monitorización y control.

La Figura 4 corresponde al segundo módulo que forma parte del nodo principal, éste dispone del microcontrolador y los diferentes módulos de comunicación (Ethernet, Bluetooth, RS-485, display). También incluye el circuito acondicionador dedicado a la medida de pH.



Fig. 5. Nodo remoto.

**Nodos remotos:** Los Nodos Remotos, Figura 5, implementados en el sistema de monitorización y control agrícola, incluyen 5 sensores permitiendo obtener información sobre la temperatura ambiente, humedad relativa del aire y de la tierra, dirección y velocidad del viento. Todos ellos transmiten la información recogida al nodo central mediante el modem Telecontrolli Rx4. Incluyen el microcontrolador PICF2550 y se alimentan mediante baterías.

#### B. Software:

El sistema de monitorización y control dispone de una interfaz gráfica desarrollada con el programa LabVIEW a la cual se puede acceder bien mediante una PDA, un PC o mediante comunicación Ethernet. El programa desarrollado permite realizar una programación del funcionamiento de la plantación automática o manual a la vez que almacena todos los datos de control y monitorización en históricos.

Además de los datos almacenados, resultado de la medida de parámetros ambientales y pH del agua de riego, el usuario puede configurar de modo automático o manual para cada sector o subsector los siguientes parámetros:

- Hora de inicio de riego: Indica a qué hora va a iniciarse el ciclo de riego del programa seleccionado.
- Hora final de riego o tiempo de riego: Indicar la hora en la que va a finalizar el ciclo de riego.
- Días de riego: Permite indicar qué días de la semana se realiza el riego.
- Días de abono deposito 1: Indicar qué días de la semana se abona el sector con el abono que contiene el depósito 1.

- Días de abono depósito 2: Indicar qué días de la semana se abona el sector con el abono que contiene el depósito 2.
- Tiempo de abonado depósito 1: Controlar el tiempo que se suministra el abono al campo, con el abono que contiene el depósito 1.
- Tiempo de abonado depósito 2: Controlar el tiempo que se suministra el abono al campo, con el abono que contiene el depósito 2.
- Nivel de humedad del aire: Mediante este parámetro se indican los márgenes entre los que se quiere mantener la humedad del aire. Éstos dependerán de las características de la plantación asignada a cada sector o subsector. En este caso el control sólo es posible en invernaderos.
- Nivel de humedad tierra: Mediante este parámetro se indican los márgenes entre los que se quiere mantener la humedad de la tierra. Éstos dependerán de las características de la plantación asignada a cada sector o subsector.

Se han desarrollado un total de 3 funciones de monitorización y control, éstas son: Programación automática de los diferentes sectores de la plantación, control manual en cualquier momento y visualización de los datos adquiridos. La Figura 6 corresponde a uno de los paneles de control y monitorización desarrollados para su uso mediante una PDA y comunicación Bluetooth con el usuario.



Fig. 6. Programa de control de riego con PDA mediante comunicación Bluetooth.

## Conclusiones

Se ha desarrollado un sistema de monitorización agrícola totalmente general y por tanto aplicable a cualquier tipo de plantación. Es útil tanto para plantaciones extensas como para plantaciones pequeñas incluyendo la monitorización de parámetros básicos en

cualquier plantación como pueden ser el pH del agua de riego, temperatura ambiental, humedad relativa (ambiental y de la tierra). Estos parámetros pueden ser fácilmente ampliables añadiendo nuevos sensores al sistema sin tener que modificar los nodos remotos diseñados. Incluye una serie de salidas digitales dedicadas al control de electroválvulas cuya finalidad puede ser realizar el riego de la plantación o bien dedicadas a realizar el abonado según se programen. El sistema incluye una serie de multiplexores que hacen posible aumentar de forma sencilla y sin modificación adicional del hardware el número de sectores o subsectores a controlar. De igual modo tampoco se requiere modificación del software desarrollado.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias al soporte financiero de los proyectos ENE2008-06588-C04-04 el Ministerio de Ciencia e Innovación de España y del Fondo Social Europeo para el Desarrollo Regional y ACOMP/2010/231 de la Generalitat Valenciana.

## References

- [1] "Remote Sensing and Control of an Irrigation System Using a Distributed Wireless Sensor Network". Yunseop (James) Kim, *Member, IEEE*, Robert G. Evans, and William M. Iversen. IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT, VOL. 57, NO. 7, JULY 2008 1379
- [2] "Incorporating plug and play technology into measurement and control systems for irrigation management", R. W. Wall and B. A. King, presented at the ASAE/CSAE Annu. Int. Meeting, Ottawa, ON, Canada, Aug. 1-4, 2004, Paper No. 042189.
- [3] "Investigation of wireless sensor networks for precision agriculture", Z. Zhang, presented at the ASAE/CSAE Annu. Int. Meeting, Ottawa, ON, Canada, Aug. 1-4, 2004, Paper No. 041154.
- [4] "Optimal site-specific configuration for wireless in-field sensor-based irrigation", Y. Kim, R. G. Evans, and J. D. Jabro, presented at the 26th Annu. Irrigation Association Int. Irrigation Show, Phoenix, AZ, Nov. 6-8, 2005, Paper IA05-1307.