

# Red de Sensores Inalámbrica para Agricultura de Precisión

J. A. López Riquelme, F. Soto, J. Suardíaz, A. Iborra  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial. Universidad Politécnica de Cartagena  
Campus Muralla de Mar. Edificio Antiguo Hospital de Marina  
30202 Cartagena  
Teléfono: 968 325380 Fax: 968 325345  
E-mail: {jantonio.lopez, pencho.soto, juan.suardiaz, andres.iborra}@upct.es

**Resumen.** *Las redes de sensores inalámbricas combinadas con otras tecnologías (sistemas de posicionamiento global, imágenes aéreas y de satélites, sistemas de información geográfica, etc.) pueden jugar un papel muy importante en estimar y evaluar el estado hídrico de los cultivos además de permitir entender los cambios que se producen en los mismos, cuestiones éstas que son objeto de estudio de la agricultura de precisión. El presente trabajo muestra la experiencia que se ha recogido en la implantación y despliegue de una red de sensores de carácter experimental que se ha llevado a cabo en una empresa hortícola de productos ecológicos en el Campo de Cartagena, y que distribuye sus productos en una gran parte de Europa. Se muestra la topología de la red desplegada, algunos de los diferentes nodos que se han construido, así como la aplicación software de monitorización desarrollada.*

## 1 Introducción

La agricultura de precisión es un método para estimar, evaluar y entender los cambios que se producen en los cultivos, con el objetivo de poder determinar con exactitud las necesidades de riego y de fertilizantes, las fases de desarrollo y de maduración de los productos, los puntos óptimos de siembra y de recolección, etc. Es decir, predecir adecuadamente las distintas etapas de producción de los cultivos. Para ello, es importante obtener toda la información posible del agua, del suelo, de las plantas y del ambiente. Así, la agricultura de precisión hace uso de numerosas tecnologías e infraestructuras: los sistemas de instrumentación y adquisición de datos, los sistemas de información geográfica (GIS), los sistemas de posicionamiento global (GPS), la microelectrónica, las tecnologías inalámbricas, etc. En cuanto a las tecnologías inalámbricas son muchas las que se han utilizado con diferentes propósitos para implementar sensores inalámbricos en la agricultura de precisión [1]. Desde sencillos dispositivos basados en infrarrojos (IrDA) para muy cortas distancias, hasta sistemas de larga distancia basados en telefonía móvil, tales como GSM/GPRS y CDMA. En un punto intermedio se encontrarían las redes inalámbricas de área personal (WPAN, Wireless Personal Area Network) para cortas distancias, tales como Bluetooth y ZigBee, y las redes inalámbricas de área local (WLAN, Wireless Local Area Network) para distancias medias.

En el contexto de las WPAN se encuadran las Redes de Sensores Inalámbricas (WSN, Wireless Sensor Networks) [2] como un tipo de red *ad-hoc* autónoma y auto-organizada, constituida por unas decenas, cientos o miles de dispositivos o nodos inteligentes (motes) con poca capacidad de procesamiento y que se alimentan habitualmente mediante baterías.

En el presente artículo se describen los trabajos experimentales que se han llevado a cabo para implantar una WSN en una explotación de horticultura. Dicha explotación se encuentra situada en el Campo de Cartagena de la Región de Murcia, al sureste español, en una de las zonas hortícolas más importantes de Europa. Esta zona se caracteriza por ser climáticamente una zona semiárida, con una precipitación anual media de aproximadamente 400 mm. A pesar de ello la superficie en regadío es de 190.000 ha, el 31 por cien de la superficie cultivada, de las que 51.000 ha se dedican a cultivos herbáceos y 91.000 ha a cultivos leñosos.

Tras esta introducción, la sección 2 describe el escenario de experimentación donde se ha realizado el despliegue de las redes de sensores. Finalmente, en la sección 3 aportan las principales conclusiones.

## 2 Trabajo Desarrollado

Con objeto de resolver el problema agronómico planteado se ha realizado un despliegue como el que se muestra en la Fig. 1. Consiste en dos redes de sensores y un sensor inalámbrico aislado. La primera red de sensores (red 1) está formada por diez nodos denominados Motes-Tierra, cada uno de los cuales está conectado a dos sensores Hydra Probe II de Stevens [3], enterrados a veinte y cuarenta centímetros de profundidad. Con estos sensores se pueden medir diversas características del suelo como son la temperatura, el porcentaje volumétrico de humedad, la salinidad, etc. La segunda de las redes (red 3) está formada por diez nodos, llamados Motes-Ambiente, que miden la temperatura y humedad del ambiente usando el sensor SHT71 de Sensirion.

Otro dispositivo desarrollado es el denominado Mote-Agua, situado en una de las balsas. El objetivo

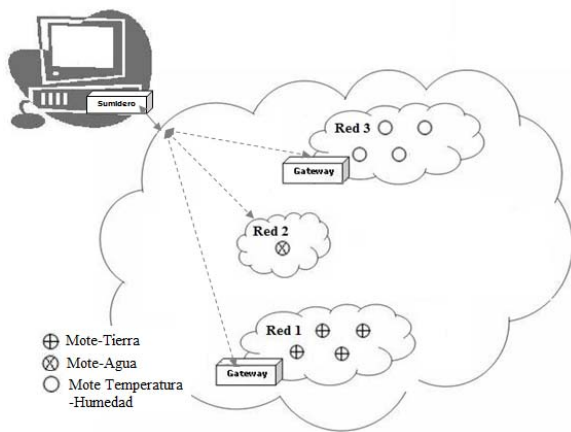


Fig. 1- Despliegue de la WSN y detalle del Mote-Tierra.

de este sensor inalámbrico es medir la conductividad eléctrica del agua y la temperatura, para así poder determinar la calidad del agua con que se abastecen los cultivos. En este caso se ha utilizado el sensor EC 250 de Stevens [3].

Las dos redes de sensores descritas anteriormente están separadas del ordenador central 5,2 y 8,7km, respectivamente. Para garantizar la cobertura inalámbrica del despliegue se han desarrollado unos Motes-Gateway que incluyen módulos de radio de larga distancia con la misma tecnología utilizada en el Mote-Agua.

Los Motes-Tierra y los Motes-Ambiente se comunican con su correspondiente Mote-Gateway mediante el estándar IEEE 802.15.4. La programación de éstos, como del resto de motes se ha llevado a cabo con el sistema operativo de código abierto TinyOS 2.0 [4] y el lenguaje de programación asociado nesC.

Una vez que un mensaje alcanza el ordenador central a través del Gateway, es procesado comprobando su origen y la información contenida en él. Basándose en esta información el mensaje es almacenado en una base de datos relacional, manteniendo a lo largo del tiempo un historial de los datos recogidos por los sensores y el instante en el que se produjo la lectura.

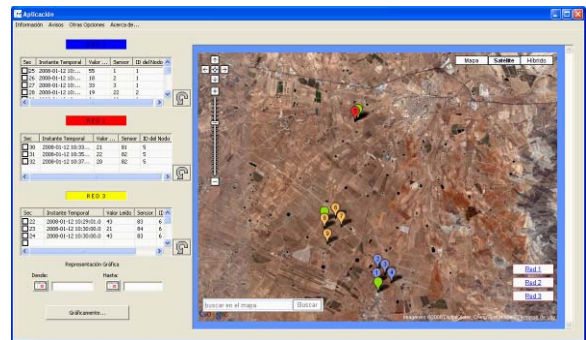


Fig. 2- Aplicación software de monitorización.

La aplicación de monitorización (Fig. 2) ha sido desarrollada utilizando el lenguaje de programación Java, con el entorno Eclipse y el sistema gestor de bases de datos relacional MySQL. El software permite ubicar el despliegue haciendo uso de la API de Google Maps, visualización gráfica de los datos de los sensores, gestión de alertas (nivel bajo de batería en un nodo) y la posibilidad de configuración de la frecuencia de lectura de los sensores.

### 3 Conclusiones

Se ha realizado un despliegue como el que se muestra en la Fig. 1. En dicha figura se muestran los lugares donde se han implantado las diferentes subredes así como los nodos que componen el sistema completo. Las pruebas han demostrado la plena operatividad de la infraestructura desarrollada. Para ello se ha hecho un seguimiento durante tres meses de un cultivo de brócoli (enero-marzo 2008).

### Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a los proyectos RIMSI (FIT-330100-2006-173) y ESNA (ITEA 2006) del Ministerio de Industria, así como a la Fundación Séneca de la Región de Murcia (ref ID-02998/PI/05) y a la CICYT MEDWSA (ref TIN1006-15175-C05-02) del Ministerio de Educación y Ciencia de España su apoyo para la realización de estos trabajos.

### Referencias

- [1] Wang, N., Zhang, N., Wang, M., 2006. Wireless sensors in agriculture and food industry-Recent development and future perspective, *Computers and Electronics in Agriculture* 50, 1-14
- [2] Akyildiz, I.F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., Cayirci, E., 2002. Wireless sensor networks: a survey, *Computer Networks* 38, 393-422.
- [3] Stevens Water Monitoring Systems Company: <http://www.stevenswater.com/>
- [4] TinyOS 2.0. open source operative system. Disponible on-line en: <http://www.tinyos.net>