

# Red Inalámbrica para Medición de Humedad en Suelo

Gonzalo Belcredi, Emilio Font

December 11, 2012

Proyecto final del curso Redes de Sensores Inalámbricos 2012

IIE - Facultad de Ingeniería - UDELAR

Tutor: Pablo Mazzara

**Resumen.** La expansión y el desarrollo de las Redes de Sensores Inalámbricos permiten en la actualidad desarrollar innumerables aplicaciones en varias áreas, como ser la industria, la agricultura de precisión, el transporte, el control ambiental, etc. En el caso de la agricultura, es posible desarrollar redes de sensores inalámbricos que permitan aumentar el rendimiento de los cultivos, a la vez que se minimizan las pérdidas de agua y de nutrientes por riego excesivo. En este proyecto se desarrolló una red inalámbrica para medición de humedad en suelo configurable a distancia.

## Contents

### 1 Motivación

### 2 Implementación

- 2.1 Características del sistema implementado . . . . .
- 2.2 Hardware . . . . .
- 2.3 Red . . . . .
- 2.4 Software y módulos . . . . .

### 3 Resultados y conclusiones

### 4 Anexo

## 1 Motivación

Contar con información precisa de valores de humedad en suelo, está a la base de un sistema de manejo de riego que posibilite la gestión integrada y sustentable de los recursos hídricos. Se calcula que alrededor del 80% del consumo de agua es generado

en la actividad agropecuaria y los cultivos incorporan de forma creciente el riego para incrementar la productividad por hectárea. Por otra parte, un manejo inadecuado del riego puede significar una mayor filtración de agrotóxicos a las aguas subterráneas, por tanto contar con una gestión adecuada permite no solo un aumento de la productividad sino también una reducción del impacto ambiental. Cuando se desea controlar el nivel de humedad en suelo, se define una banda de humedad esperada de acuerdo a las características del suelo y del cultivo, se pretende con esto suplir las necesidades de la planta con la cantidad mínima de riego. Una forma de racionalizar el uso del agua en la producción agropecuaria es contando con un sistema que provea información del contenido de la humedad en el suelo y la envíe a un centro la información, que por lo general se encuentra en una oficina en la ciudad a varios o cientos de km del campo. Con esto se puede vigilar las condiciones hídricas de diferentes cultivos y recomendar las dosis de riego, con un numero de visitas mínimas al predio lo que

permite un ahorro significativo de tiempo y costos de traslado.

## 2 Implementación

### 2.1 Características del sistema implementado

El usuario puede recibir automáticamente en una PC los valores de humedad de suelo de cada nodo de la red, y a la vez consultar manualmente a un nodo particular el valor de humedad o el estado del nodo (carga de batería, padre, calidad del enlace, etc). Por otra parte el usuario está habilitado para configurar algunos parámetros de la red: la frecuencia de muestreo de cada sensor, la banda de humedad óptima, y el modo de consulta (automático o manual). Una interfaz gráfica muestra los valores de humedad en tiempo real, y avisa al usuario con una alarma si la humedad está fuera del rango establecido (aparece junto a la hora y el ID del nodo).

### 2.2 Hardware

Para la realización del proyecto se utilizaron tres motes TelosB<sup>1</sup> que cuentan con una radio IEEE 802.15.4 y un microcontrolador MSP430. Se disponía asimismo de un sensor de humedad de suelo Decagon S10HS adaptado al mote (pull-up y un driver que fue desarrollado en un proyecto anterior[1]). Se desarrollaron las aplicaciones en el sistema operativo TinyOs 2.1.1<sup>2</sup>.

### 2.3 Red

La Red está compuesta por los nodos *SensorRemoto* (que están conectados a sensores de humedad en suelo), y por el nodo *BaseSuelos* que se conecta a una PC por el puerto USB. Los nodos sensores tienen como nodo raíz el nodo Base, de forma que todo mensaje de datos sea recepcionado por la computadora via el nodo BaseSuelos.

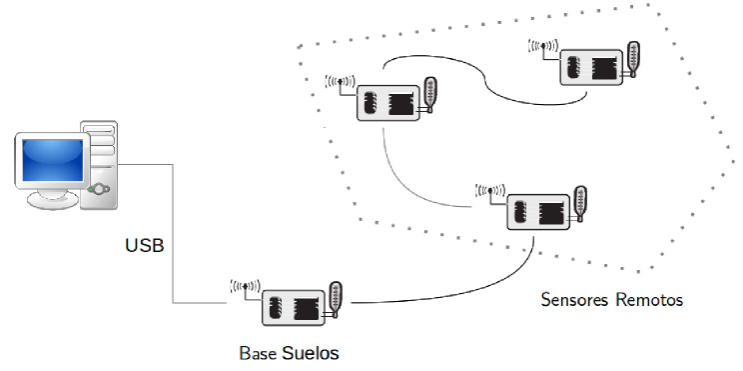


Figure 1: Topología de la red

Los nodos intercambian dos paquetes: uno de datos y otro de configuración. En el paquete de datos *DatosMsg* se envían los campos con información y datos de los sensores y del propio nodo, a ser el número de secuencia del paquete, el ID del nodo, un campo de datos, la hora de envío, la carga en la batería, el nombre del sensor (para el caso en que hayan más de un tipo de sensor), la calidad del enlace, el padre y un campo reply que identifica el valor del campo de datos (puede ser valor de humedad, respuesta de consulta de frecuencia de muestreo o de rango de humedad, etc.).

source	seqno	data	hora	carga	sensor	metric	parent	reply
-	16 bits	16 bits	32 bits	16 bits	8 bits	16 bits	-	8 bits

(a) DatosMsg

targetID	motivo	parameters	parameters long
-	8 bits	16 bits	32 bits

(b) EnvioSolicitudMsg

Figure 2: Estructura de los paquetes de datos y de configuración.

Por otra parte, el paquete de configuración cuenta con los campos *targetID*, *parameters*, *parameters long* y *motivo*. En los campos se coloca entonces tanto el valor a configurar como el tipo de parámetro, así es que cada parámetro a configurar tiene un motivo asociado y el valor se coloca en el campo parámetro (o parámetro long para actualizar la hora del nodo). En *targetID* podemos colocar el ID de un nodo en particular o configurando simultáneamente todos los nodos mediante un broadcast (se coloca 0xFFFF en el campo).

Para los sensores remotos, se implementó el proto-

<sup>1</sup>Plataforma desarrollada por la Universidad de California, enfocado a la investigación de RSI.

<sup>2</sup>Sistema operativo de código abierto basado en componentes para redes de sensores inalámbricos.

colo de propagación *Dissemination* (DRIP), mientras que el nodo raíz incorporaba también el protocolo *Collection* para comunicarse con la PC.

## 2.4 Software y módulos

Para la programación de los motes se utilizó el sistema operativo TinyOS. Los módulos SensorRemoto y BaseSuelos fueron escritos en nesC y constan de 2 archivos cada uno, el que tiene la aplicación propiamente dicha y el archivo de cableado de componentes.

Básicamente SensorRemoto se encarga de comunicarse periódicamente (o a pedido del usuario) con el sensor para obtener una lectura de humedad, actualiza la hora del sistema, y envía paquetes DatosMsg con los parámetros descritos en la sección anterior. En el caso que el usuario realice una consulta de un parámetro particular, SensorRemoto lee el campo motivo del paquete EnvioSolicitudMsg y de esta forma coloca en el campo data el valor requerido y codifica el campo reply (de forma que el nodo base confirme que el valor de dato es del tipo requerido). Los campos parent y metric son determinados mediante el protocolo CTP <sup>3</sup>, por lo que los nodos actualizan su tabla de ruteo en función de la topología de la red.

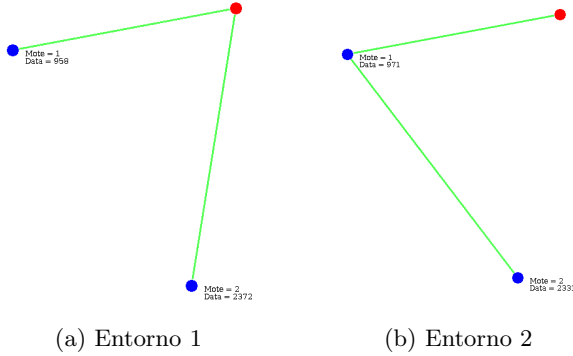


Figure 3: El encaminamiento se adapta al entorno

La comunicación entre estos nodos se implementa con un protocolo de disseminación (Dissemination-Value para los nodos sensores y DisseminationRequest para el nodo raíz), por lo que si el sensor recibe una actualización en primer lugar verifica que el mensaje EnvioSolicitudMsg está dirigido a él y de ser así, en función del motivo que aparece en el

campo se arma el paquete DatosMsg con la información requerida.

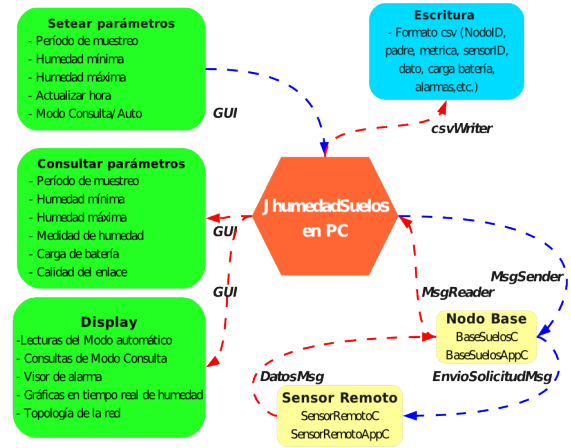


Figure 4: Diagrama de implementación

La comunicación entre el mote BaseSuelo (nodo raíz) y la PC se realiza via USB, el sistema está integrado mediante el paquete java JHumedadSuelos (ver figura 4) que se encarga de recepcionar los paquetes DatosMsg (y enviar los EnvioSolicitudMsg) a través de las clases MsgReader y MsgSender; asimismo lleva adelante la interpretación de los datos (en particular la conversión de la lectura del sensor de  $mV$  a  $m^3/m^3$ ), la escritura de un archivo donde se registran las lecturas y la interfaz usuario.

La interfaz usuario se compone de un panel de configuración de la red (modo automático o consulta), un panel de seteo de parámetros y otro de consultas manuales. También pueden verse en tiempo real la(s) gráfica(s) de humedad de suelo relevada por los nodos sensores, la topología de la red y finalmente un panel donde se despliegan los datos relevados en modo automático (junto con el nodo origen y la hora), así como un visor de alarmas (humedad baja, humedad alta y batería baja).

## 3 Resultados y conclusiones

La red fue ensayada por cerca de 6 horas para obtener una gráfica de la humedad en suelo (en un evento de riego) y la evolución de la carga de la batería. El período de muestreo configurado fue de 30s, utilizando el sensor S10HS.

<sup>3</sup>Collection Tree Protocol

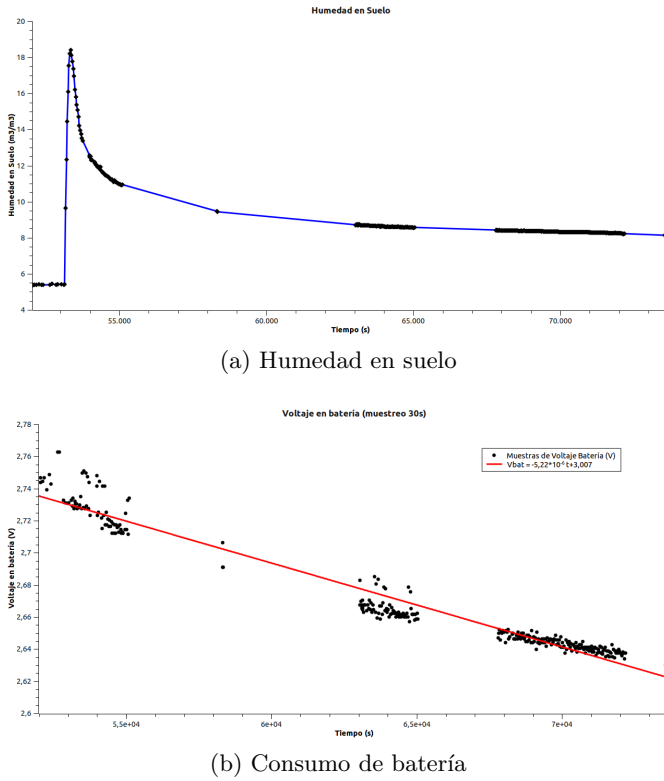


Figure 5: Ensayo realizado

En 6 horas, el voltaje de la batería bajó 100mV, y podemos aproximar linealmente la descarga mediante la siguiente ecuación:

$$V(t) = -5,22 \times 10^{-6} \cdot t + 3,007 \quad (1)$$

Por lo que la duración de la batería (considerando 2,2V como nivel mínimo de alimentación del TelosB) podemos estimarla en 43 horas. Vale destacar que no se implementó ningún protocolo de bajo consumo (p.ej Low Power Listening), de hecho en todo momento la radio del nodo sensor está prendida. Por otra parte, el consumo de energía del sensor es considerable (3VDC@12mA) y el período de muestreo (30s) puede considerarse algo excesivo, con lo que disminuyendo la frecuencia de muestreo podemos alargar la vida útil de las baterías. A modo de ejemplo, el período de muestreo en condiciones estables (sin riego ni precipitaciones) podría aumentarse automáticamente y sensar con mayor detalle en los eventos de mayor necesidad de información (por ejemplo cuando el nivel de humedad está próximo o fuera de la banda de humedad establecida, de forma de controlar más precisamente el sistema de riego sin recurrir a gastos innecesarios de energía).

La red implementada cumple los diseños originales, en cuanto a posibilitar la obtención de la humedad en suelo a distancia, configurando ciertos parámetros y recibiendo alarmas específicas. A futuro es necesario implementar mecanismos de reducción de consumo (a evaluar LPL), y realizar un estudio de fiabilidad (por ejemplo relevando el porcentaje de paquetes perdidos) con un mayor número de nodos y en condiciones climáticas diversas. Por otra parte, el diseño elaborado permite incorporar nodos con diferentes tipos de sensores por lo que se podría lograr una aplicación con mayores prestaciones para el usuario. Con poco esfuerzo adicional la PC puede enviar la información recibida a internet, por lo que el usuario podrá estar fuera de la finca y recibiendo los datos de la red y configurando la misma.

Por último, sería interesante incorporar al sistema un módulo de control conectado al sistema de riego de la finca.

## References

- [1] P. Mazzara, L. Steinfeld, J. Villaverde, F. Silveira, G. Fierro, A. Otero, C. Saravia, N. Barlocco, P. Vergara, D. Garín. *Despliegue y Depuración de Redes de Sensores Inalámbricos para Aplicaciones al Agro*. XIV Reunión de Trabajo Procesamiento de la Información y Control – RPIC 2011, pp. 690-695, 2011.



## 4 Anexo

Fijar parámetros

**Nodo destino**

Nodo

Unicast

Broadcast

**Setear parámetro**

Periodo de Muestreo  [s]

Setear

Min Max

Banda de humedad

Setear

[10<sup>-2</sup> m3/m3]

Actualizar hora

(a) Panel para fijar parámetros

Modo de operación

Modo Consulta

Modo Auto

Consultar parámetros

Nodo

Consultar

Parámetro

Humedad suelo

Período de muestreo

Hum Min

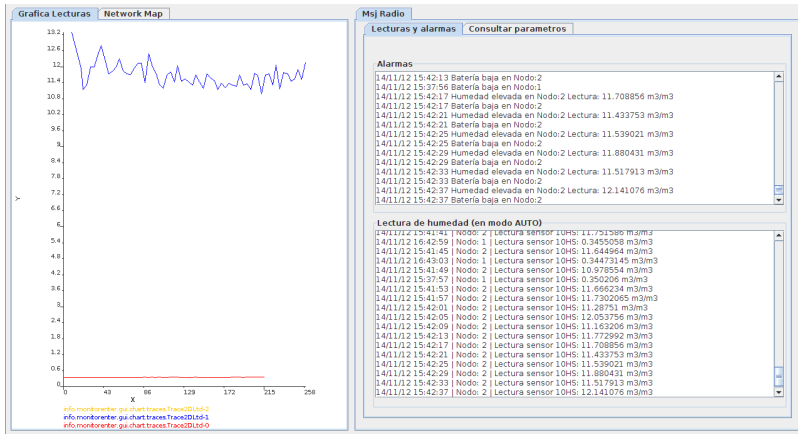
Hum Max

Voltaje de batería

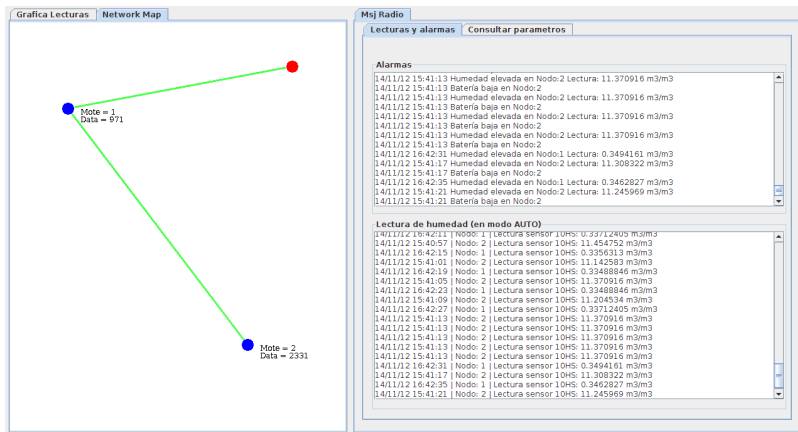
Calidad del enlace

Respuesta

(b) Panel para consultar parámetros



(c) Gráficas de humedad y visor de lecturas (y alarmas).



(d) Gráfica de la topología de la red y visor de lecturas.