

DISEÑO CONSTRUCCIÓN Y DESARROLLO DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA CON COMUNICACIÓN POR RADIOENLACE Y POSICIONAMIENTO GLOBAL

M. Principi, R. Manno, C. Bortis, M. Escobar, C. Urani, D. Díaz, G. Lucero, F. Peris
Facultad de Ingeniería – UNRC – Ruta 36 Km 601 C.P. 5800 – Río Cuarto
Tel. 0358-4676481 – Fax 0358-4676246 e-mail: microelectronica@ing.unrc.edu.ar

RESUMEN: Este trabajo presenta el diseño, desarrollo e implementación del hardware y el software embebido de una estación meteorológica de bajo costo, que incluye un sistema de comunicación por radioenlace para monitoreo y control remoto. Para ello se utilizó una tarjeta de desarrollo microcontrolada genérica con periféricos orientados a aplicaciones de conectividad. Se incorporó un sistema de posicionamiento global que permite identificar la ubicación exacta, altitud y hora GMT de dichas estaciones. Esto permitió que la información de estaciones meteorológicas que son de recolección manual de datos, se obtenga en tiempo real.

Palabras clave: variables climáticas, estación meteorológica, GPS, comunicación, información en tiempo real.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de las variables meteorológicas en determinadas zonas geográficas es elemental para el uso sustentable de los recursos naturales, tales como, actividades agropecuarias, ubicación de sistemas solares fotovoltaicos o de naturaleza térmica, entre otros. Por ello, es importante disponer de dicha información en tiempo real. Uno de los principales retos técnicos a los que se enfrentan las organizaciones responsables de administrar la información meteorológica y vigilancia medioambiental es la transmisión de datos desde puntos remotos y geográficamente muy dispersos, hacia una plataforma de recolección, que permita realizar el monitoreo y control en tiempo real mediante un sistema de comunicaciones (Rosiek and Batlles, 2008). Las redes inalámbricas (wireless network) son aquellas que se comunican por un medio de transmisión no guiado (sin cables) mediante ondas electromagnéticas. La transmisión y la recepción se realizan a través de antenas (Cardama Aznar, et al. 2008, Kraus, J.D. 1988). Éstas, con respecto a una red convencional, tienen ventajas como la rápida instalación sin la necesidad de usar cableado, facilitan la movilidad y tienen menor costo de mantenimiento. Se están desarrollando cada día más redes de área personal (WPAN) orientadas a comunicar dispositivos de baja tasa de transmisión de datos y de bajo consumo energético. En este tipo de red de cobertura personal, existen tecnologías basadas en Home RF, Bluetooth, ZigBee, RFID, entre otros (Valadas et al. 1992, Jordan y Balmain, 1978, Shanmugan y Breipohl, 1988). Por tal motivo es importante utilizar este tipo de tecnología para realizar WPAN que recojan datos de las estaciones, las interconecten y formen redes más grandes; de este modo, centralizar toda la información en una estación base, para un posterior procesamiento. Por otra parte, el sistema debe permitir la representación de los datos obtenidos de forma automática en diversos formatos de texto y gráficos (Asrar, 1989; Hernando Rábanos, 2004; Cobo et al., 2005).

La UNRC dispone de una red de estaciones agro-meteorológicas dispersas en diferentes puntos estratégicos de la región centro-sur de la provincia de Córdoba. En la actualidad, la información se recolecta manualmente en forma periódica, dependiendo de la resolución de la toma de datos, que posteriormente es centralizada para su postprocesamiento. Esto requiere que el personal especializado se desplace hacia las estaciones para recolectar los datos, con el consiguiente costo, dependiendo de la disponibilidad de vehículo y tiempo necesario por parte de docentes, investigadores y no docentes, afectados a la tarea. Por otra parte, en aquellas estaciones instaladas para la evaluación de la erosión de suelos, seguimiento de crecidas en ríos, arroyos, etc., es necesario conocer en tiempo real, además de datos climáticos, como la precipitación (volumen, intensidad, tiempo al pico) la información de freaígrafos y limnigrafos, entre otros. Debido a la poca capacidad de almacenamiento de las estaciones meteorológicas disponibles, estas están programadas para que la adquisición de los datos se realice cada 15 minutos, por ello la recolección se debe efectuar cada 14 días para no perder información. Asimismo, existe la posibilidad de no poder acceder a las estaciones, debido a la intransitabilidad de los caminos, con el consecuente riesgo de no poder recopilar los datos almacenados con la consiguiente pérdida de tan valiosa información.

Otra problemática actual reside en la diversidad de firmas propietarias de estaciones meteorológicas que posee la universidad, entre las cuales podemos citar las marcas más utilizadas, por ejemplo Davis, Delta o LI-COR cuyas modalidades de extracción de datos son diferentes, obligando esto a incrementar el número de procedimientos y equipos asociados a la ingesta de datos. El objetivo a mediano plazo es el de reemplazar las citadas estaciones por nuestras propias estaciones meteorológicas, customizadas según la distancias y los medios posibles para la transmisión, de acuerdo a la posición geográfica en donde estén ubicadas cada una de ellas.

Por consiguiente, debido a la gran variedad de estaciones y a la ubicación dispersa de las mismas, se diseñó un sistema que identifica la posición por el sistema de posicionamiento global (GPS-Global Positioning System) y posee diversas soluciones de conectividad, para así posibilitar distintas alternativas de comunicación, a un costo mínimo, integradas en un mismo equipo. En la Figura 1 se ilustra el sistema implementado, el cual se describe detalladamente en el desarrollo del artículo.

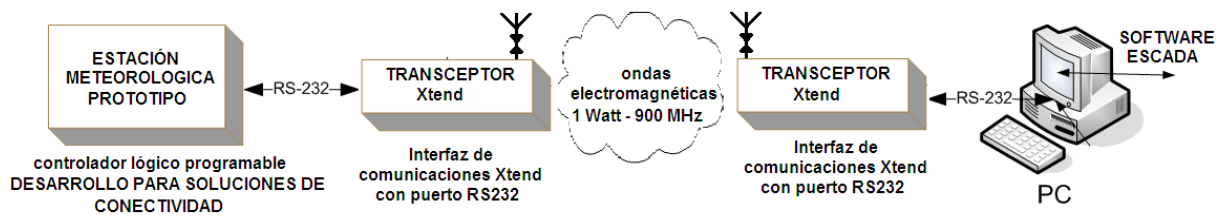


Figura 1: Esquema de la arquitectura del sistema completo de comunicación con la estación prototipo

PLATAFORMA DE DESARROLLO

El hardware usado es una plataforma genérica denominada “controlador lógico programable para aplicaciones de conectividad”, y es utilizada como base para el desarrollo de aplicaciones de campo. Ver Figura 2.

Descripción.

El desarrollo de aplicaciones de comunicación y control integrando puede efectuarse usando una misma placa que utiliza un Controlador de Interrupciones Programable (PIC - Programmable Interrupt Controller) de 28 PINES como microcontrolador central. El dispositivo permite, de acuerdo a las necesidades del usuario, la utilización de una amplia variedad de PICs que van desde la familia del 16F7X hasta algunos mucho mas novedosos como el 18F2620 con 64 K y oscilador interno de 8 MHz.

La programación del equipo se realiza íntegramente en lenguaje “C”, para lo cual se dispone de un completo conjunto de librerías, para su implementación, en el entorno de desarrollo de libre distribución MPLAB de Microchip.

La placa de desarrollo es una herramienta tecnológica que posee características como: Programación en circuito, RTC, entradas analógicas adaptables a diferentes aplicaciones, conversión A/D de 10 o 12 BIT de resolución, entradas digitales TTL/Open colector, puerto de expansión, display 2 x 8 LCD on board, puerto para conexión de display externo, puerto para teclado, memoria EEPROM y FLASH.

La placa está especialmente diseñada para cubrir un amplio abanico en el espectro de las comunicaciones actuales permitiendo una completa interconectividad con dispositivos de última tecnología, esto es: Puerto ethernet 10 Base T, Módulo XBee-PRO para comunicaciones RF a distancias de casi 1500 metros con estándar 802.15.4 en 2.4 GHz, MODEM GSM/GPRS, Módulo Bluetooth y puerto para conexión con GPS. Además posee puerto serie USB y RS-232 con conector DB9, que es el puerto usado para conectar el transceptor Xtend previsto para comunicar la estación a 60 km de distancia, Ver Figuras 2 y 3.

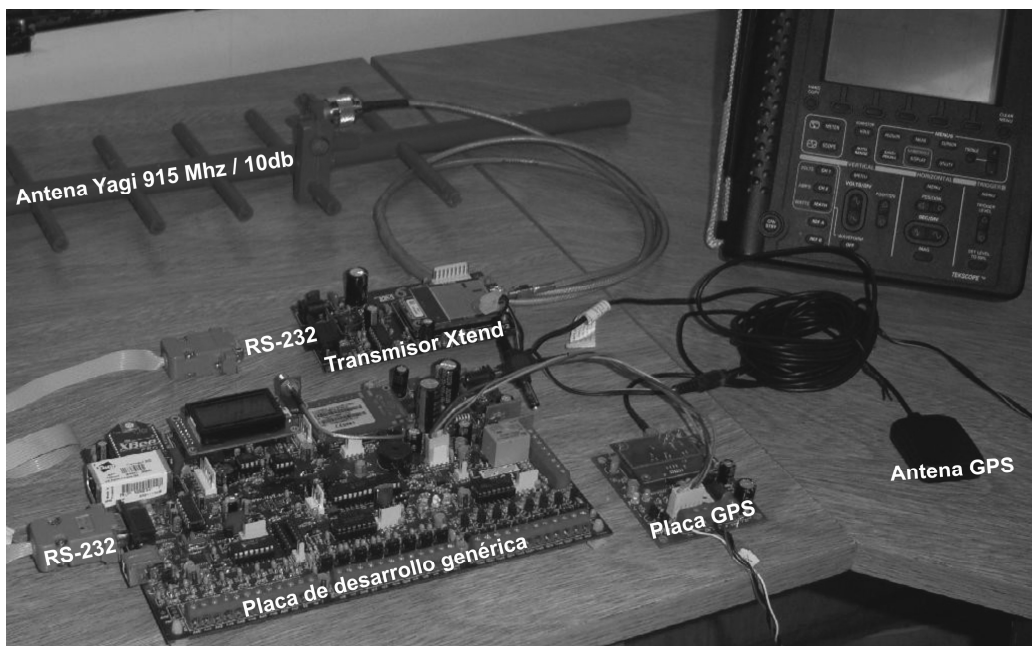


Figura 2: esquema del controlador lógico programable para aplicaciones de conectividad.

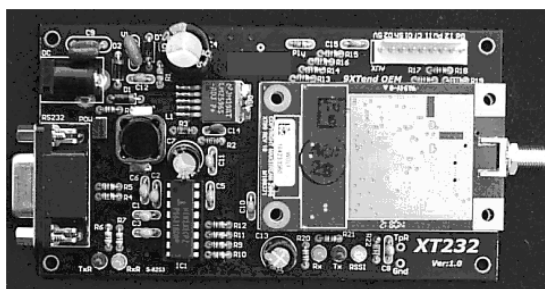


Figura 3: Placa de instrumentación del transceptor.

Entradas y salidas disponibles en la tarjeta de desarrollo.

- 8 entradas analógicas configurables para tensión o corriente.
- Conversión A/D de 10 ó 12 bits de resolución con tensión de referencia exclusiva y ajustable con preset. Esto brinda mayor seguridad al sistema y da conversiones mas precisas.
- 8 entradas digitales Pull up/pull down seleccionables por jumper.
- 8 salidas digitales TTL/Open colector seleccionables por jumper.
- Puerto de expansión para entradas y salidas digitales.
- Salida con Rele.
- Salida PWM en bornera.
- 6 I/O de propósitos generales.

Puerto GPS.

- Entrada DATA para conexión de GPS externo.
- Entrada TIME MARK para sincronización externa del dispositivo.

Microcontrolador.

- PIC de 28 pines. Familia 16F7x, 16F87x, 18Fxx2, PIC18F2525/2620/4525/4620.
- Oscilador externo o interno.

Puerto de comunicaciones.

- Puerto serie RS-232. Conector DB9H.
- Leds indicadores de TX y RX.
- Puerto USB.
- Puerto bluetooth.

Alimentación.

- Conector JACK DC o bornera.
- Alimentación 15 - 30V.
- Alimentación USB.
- Salidas de 12 V regulada.
- Salidas de 5 V para aplicaciones auxiliares.

Programación.

- Programación en C. Compilador CCS con librerías completas para el uso de los diferentes módulos.
- Conector ICP para programación en circuito.

VARIABLES METEOROLÓGICAS REGISTRADAS POR LA ESTACIÓN

En la tabla 1 figuran las variables que registra la estación meteorológica. En cuanto a los sensores que proporcionan los valores de las variables medidas, se decidió utilizar, previo relevamiento de señales electrónicas generadas, los mismos sensores utilizados por las estaciones meteorológicas actuales, ej: estación Davis, de esta manera se ahorra el costo de adquisición de los mismos, ya que al trabajar con un microcontrolador que tiene conversores analógicos a digitales se pueden acondicionar por software los rangos de señales de tensión y llevarlos a los valores de ingeniería con unidades específicas. Lo mismo sucede con los demás sensores que utilizan las otras estaciones meteorológicas de las cuales dispone actualmente la universidad.

VARIABLES	Unidad	Mínimo	Máximo	Tolerancia
Temperatura	°C	-40°	65	+/- 0.5°
Humedad	%	0	100	+/- 3%
Presión	hPa	880	1080	+/-1.0
Velocidad del viento	km/h	3	241	+/- 5%
Dirección	°	0	360	+/- 4°
Pluviométrica	mm/d	0	9999	

Tabla 1: Variables meteorológicas registradas por la estación

Por ejemplo el sensor de temperatura utilizado en la citada estación meteorológica es el TC1047A el cual mide temperatura y suministra la información mediante una tensión variable lineal, proporcional a la temperatura medida. Este sensor puede medir con precisión un rango de temperatura comprendido entre -40°C a $+125^{\circ}\text{C}$. Ej: La tensión de salida de este dispositivo es de 100 mV a -40°C , 500 mV a 0°C , 750 mV a $+25^{\circ}\text{C}$, y 1,75 V a $+125^{\circ}\text{C}$. Ver Figura 4.

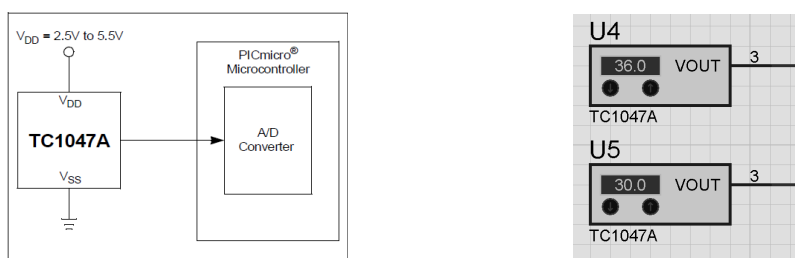


Figura 4: Modelado del sensor de temperatura

TRANSCEPTOR

Descripción.

En redes de computadoras y telecomunicaciones, el término transceptor se aplica a un dispositivo que realiza, dentro de un mismo equipo, funciones tanto de transmisión como de recepción de datos, utilizando componentes de circuito, comunes para ambas funciones.

Criterios establecidos para selección del transceptor.

El transceptor establece la comunicación bidireccional en forma transparente de los datos generados por el puerto RS-232 de la tarjeta de desarrollo y el puerto RS-232 de la PC que recibe la información, utilizando Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (UART). Ésta modalidad se utiliza para controlar puertos seriales de dispositivos, para lo cual se consideraron los siguientes criterios a la hora de hacer una selección ver Figura 5.



Figura 5: Transceptor

Alcance y rendimiento a un costo accesible. En cuanto al transceptor seleccionado se buscó un alcance con línea de vista para ambientes exteriores con antena Yagi de hasta 64 km de alcance, con potencia de salida de transmisión entre 1mW y 1W seleccionada por software. Modo de transmisión half duplex. La velocidad de proceso y transferencia de datos de puerto serie va de 9600/115200 bps también seleccionable por software.

Seguridad y trabajo en red. El transceptor seleccionado trabaja con la metodología de encriptación de datos AES 256-bits. El algoritmo AES de 256 bits está certificado con norma FIPS-197, el proceso no tiene retardos temporales. También posee tecnología de transmisión por espectro amplio (FHSS) (Espectro Amplio mediante Saltos en Frecuencia), permite modos como transferencia de datos, acuse de recibos, reconocimientos y transmisiones múltiples.

Buena Sensibilidad del Receptor. El transceptor seleccionado es de gran alcance y confiabilidad y esto es debido a la sensibilidad del Receptor.

Bajo Consumo de Energía. En cuanto al transceptor seleccionado, el consumo jugó un rol importante, alrededor de 1 μA , lo cual se considera de muy bajo consumo.

Certificaciones de calidad que aseguren el buen funcionamiento del producto. El transceptor está aprobado por la Federal Communication Comision - U.S.A (FCC) & Industry Canada (IC).

INSTRUMENTACIÓN DEL TRANSCEPTOR

Debido a que la salida UART, de datos del transceptor, es a nivel físico TTL fue necesario convertirla al protocolo de RS-232, mediante una interfase implementada a tal fin. La misma puede observarse en la ver Figura 3.

Protocolo de comunicaciones implementado.

Para transferir datos entre la estación meteorológica y la PC se implementó un protocolo que establece las reglas base de comunicación entre ambos sistemas, para que los equipos puedan dialogar en el mismo “idioma”, independientemente del medio físico o la naturaleza de los datos incluidos en la transacción.

El protocolo es del tipo Cliente/Servidor y fue pensado para que un dispositivo cliente ejecute comandos en un dispositivo servidor. El servidor procesa los comandos y devuelve los resultados de la operación al dispositivo cliente.

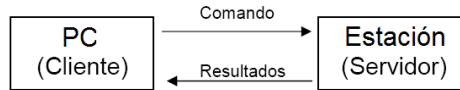


Figura 6: Diagrama de comunicación cliente-servidor entre la computadora y la estación meteorológica.

Estructura del protocolo.

El protocolo, tiene la siguiente estructura de datos, cuyo significado (es decir los campos del mensaje) varían acorde a la dirección del mensaje:

STX	TYPE	LENGHT	STAT0	STAT1	CMD	DATA...	CRC	ETX
-----	------	--------	-------	-------	-----	---------	-----	-----

Todos los campos tienen 1 byte de tamaño, excepto los campos DATA (variable entre 0 y 255 bytes) y CRC de 4 bytes.

Campos:

- STX: Identificación de inicio de mensaje.
- TYPE: Tipo de mensaje.
- LENGHT: Longitud en bytes del campo DATA. entre 0 y 255.
- STAT0: Registro de Estado de la Estación, byte 0 (LSB).
- STAT1: Registro de Estado de la Estación, byte 1 (MSB).
- CMD: Identificador de comando a ejecutar.
- DATA: Argumentos del comando a ejecutar, resultados o simplemente datos.
- CRC: Código de Redundancia Cíclica, 32 bits de todos los bytes, excepto STX/ETX.
- ETX: Identificación de fin de mensaje.

Nota: Los campos STAT0 y STAT1 sirven para informar el estado de la Estación a la PC

El GPS.

Es un sistema global que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, un vehículo, etc.; con alta precisión y error de pocos metros, en este caso particular, la ubicación de una estación meteorológica. El GPS seleccionado tiene salida en niveles TTL y comunicación a 4800 bps, que puede cambiarse por comandos AT (Attention) y utiliza el protocolo NMEA 0183. Este GPS se instrumentó en una placa especial para conectarla a la tarjeta de desarrollo de la estación meteorológica. La citada placa facilita la alimentación entre 5V y 12 VDC por medio de borneras y protecciones asociadas, también brinda la salida en niveles TTL por conector con Tx, Rx y TM (marca de tiempo), además tiene leds de señalización de TM y Tx del GPS. Ver Figura 7.

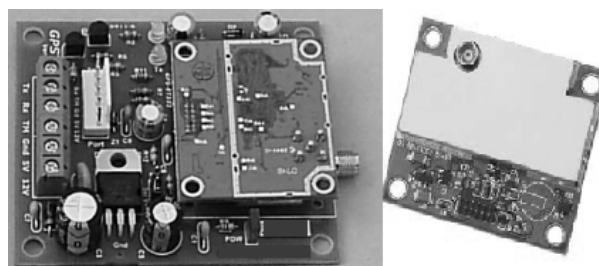


Figura 7: Placa de instrumentación y GPS a la izquierda, GPS solo a la derecha.

DESARROLLO y APLICACIONES

La metodología de desarrollo del prototipo fue del tipo incremental, es decir que se fueron integrando y testeando las partes por separado hasta lograr validar el funcionamiento con los requerimientos planteados inicialmente y finalmente se realizó la integración y ensayos del sistema completo a nivel de laboratorio.

En lo referente al desarrollo del software, se utilizó como guía de trabajo la norma ISO/IEC 12207 Information Technology / Software Life Cycle Processes, que es el estándar para los procesos de ciclo de vida del software de la organización ISO.

Se trabajó con herramientas CAD para el modelado y simulación electrónica de la interacción entre los sensores de variables climáticas y el algoritmo embebido en el microcontrolador de la estación, utilizando el software ISIS Proteus 7 Versión Educativa de Labcenter Electronics.

Se confeccionó un análisis de cobertura de radioenlace con el “software radiomobile” entre el campo de “la Aguada” y la Universidad Nacional de Río Cuarto, las cuales se encuentran a una distancia de 36.18 Km, en los mismos se utilizan torres preexistentes de 30 metros de altura en donde se ubicaron sendas antenas yagies de 9 dB de ganancia.

En la actualidad se está evaluando la posibilidad de someter el equipamiento a ensayos ambientales según normativas que rigen la fabricación de equipos electrónicos.

RESULTADOS OBTENIDOS

Se adquirieron conocimientos en la metodología de programación del microcontrolador PIC18F2620, que es el encargado de controlar la estación meteorológica, para lo cual se implementó un entorno de tanto de hardware como de software de diseño y simulación, para desarrollos orientados a la microelectrónica digital, quedando disponible el citado entorno para futuros desarrollos.

Se han modelado mediante el software de simulación “Proteus” la mayoría de los sensores meteorológicos de la estación Davis. Además se simuló satisfactoriamente el funcionamiento de la estación interactuando con los sensores modelados para verificar la consistencia del algoritmo embebido en el microcontrolador.

Si bien nuestro prototipo implementado a nivel de laboratorio actualmente involucra solo una estación meteorológica y una PC, en lo referente al tipo de transceptor seleccionado, es de destacar que los mismos pueden trabajar en una topología de red en malla, lo cual será de gran practicidad a la hora de implementarlo en la totalidad del sistema de estaciones meteorológicas de la UNRC, es decir que cada transceptor estaría conectado a todos los demás transceptores. De esta manera es posible llevar los mensajes de un nodo a otro por diferentes caminos. Si la red de malla está completamente conectada, no habrá interrupciones en las comunicaciones. Es decir que si un transceptor falla, otro se hará cargo del tráfico y esto no afectará en absoluto a los demás nodos. Ver Figura 8

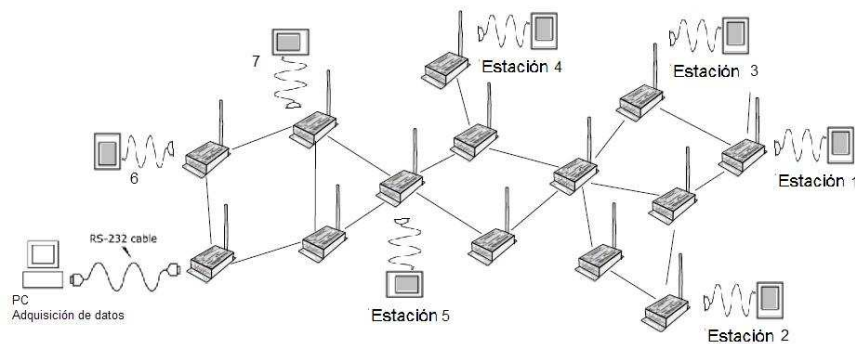


Figura 8: topología de red en malla.

En lo referente a la conexión entre el campo de “la Aguada” y la UNRC, distantes 36.18 Km, se observa en la Figura 9, los resultados del análisis de cobertura de radioenlace, el cual se estableció en forma satisfactoria entre los dos puntos, quedando un margen de umbral mayor a 10 dB permitiendo soportar desvanecimiento esporádico como se ve en la Figura 10. Asimismo se simuló la cobertura que tendría una antena directiva transmitiendo desde la UNRC y se puede apreciar que los niveles de señal recibida son superiores a los -100dBm que es el umbral de recepción de los transceptores tal cual se ve en el Figura 11 en donde se aprecia el radioenlace entre los dos nodos.

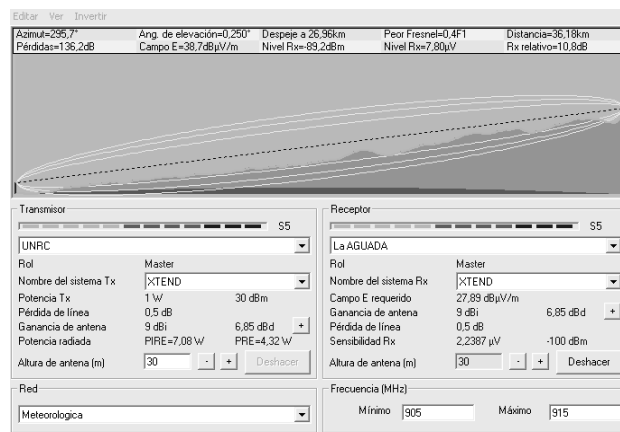


Figura 9: análisis de cobertura de radioenlace.

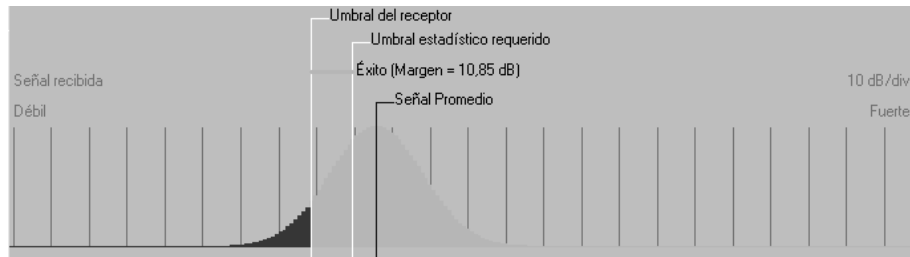


Figura 10: margen de umbral mayor a 10 dB.

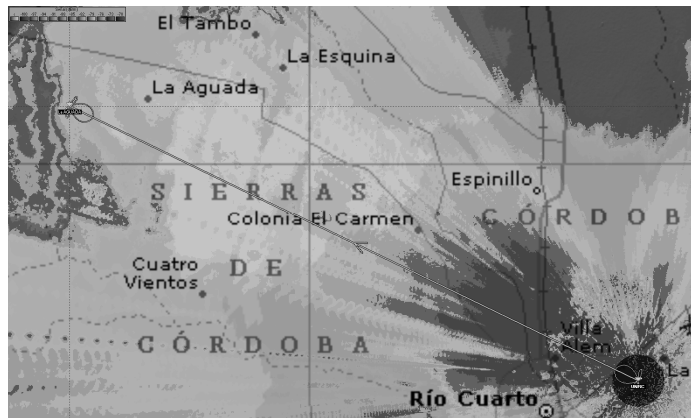


Figura 11: umbral de recepción de los transeptores.

CONCLUSIONES

El objetivo principal de este trabajo, fue la sustitución de las estaciones meteorológicas existentes, que son de diferentes marcas comerciales, con los consabidos problemas de compatibilidad, que hace necesario distintos sistemas para la recolección de los datos y su postprocesamiento.

Este objetivo se ha alcanzado a nivel laboratorio, estando en proceso de validación de los requerimientos bases, restando la segunda etapa de su evaluación en campo y el diseño final de la estación para su posible producción en serie.

Este desarrollo basado en una placa multipropósito, facilitó la prueba de diversas interfases para la amplia diversidad disponible de sensores, así mismo permitió ensayar con distintas tecnologías de comunicaciones que permitieron analizar las ventajas y desventajas de las mismas, pudiendo de esta manera seleccionar aquellas más simples, estables y de mayor performance. Esto posibilita que esta estación sea fácilmente adaptable a distintos requerimientos de usuarios tanto en los sensores a monitorear como las comunicaciones disponibles en la región donde se instale la estación.

Asimismo siendo este trabajo una continuación de los iniciales dentro del proyecto (Díaz, D. et al., 2009 y 2010 y Sartori, F. et al., 2009), se ha contemplado e instalado las siguientes comunicaciones: Xbee, línea vista 1200m, TCP-IP, GPRS, (Bravo Ordóñez y P. César, 2005) e incorporando además lo presentado en este trabajo.

Es de destacar que en este desarrollo se ha integrado todas estas modalidades de comunicación en una misma estación. Otro punto a destacar es la incorporación de la posibilidad del georeferenciamiento de la propia estación, mediante la incorporación de un receptor GPS, lo cual permite una rápida identificación de la estación al momento de adquirir los datos, tales como: coordenadas, altitud y base de tiempo sincronizada en forma global (Greenwich Mean Time) o GMT.

Disponer de información en tiempo real a través de comunicaciones wireless, algunas de cuyas ventajas fueron indicadas en los párrafos anteriores, las que justifican ampliamente este desarrollo, ya que conectado el servidor de recolección de datos a internet, permite la visualización en forma individualizada desde cualquier parte del mundo, haciendo posible un control más riguroso del estado de funcionamiento de la estación y los sensores, eliminando la recolección manual de datos.

Por otro lado los componentes de hardware adquiridos son totalmente compatibles, son de adquisición en el mercado nacional y a un costo razonable. La experiencia de trabajar con COTS (Component off the Shell) potencia la implementación de los desarrollos ya que estimula al conocimiento general y particular de las disciplinas que intervienen en el momento de la selección, como: meteorología, estaciones de adquisición de variables climáticas y aplicaciones de conectividad resueltas con tecnología de vanguardia.

La amplia cobertura de la red de redes a nivel mundial, hace que este desarrollo sea ideal para concentrar la información registrada de varias estaciones en una sola computadora que haga las veces de servidor y que publique la información postprocesada en Internet.

AGRADECIMIENTO

El trabajo fue financiado por la Secretaría de Ciencia y Técnica de la UNRC (PPI-18/B167).

NOMENCLATURA

UNRC: Universidad Nacional de Río Cuarto
EEPROM: Electricaly Erasable Programmable Read Only Memory
COTS: Components of the shelf
COM: puerto serie de comunicaciones
GSM: Global System for Mobile
GPRS: General Packet Radio Service
ICP: In Circuit Programming
RTC: Real Time Clock
TTL: Transistor – Transistor Logic
TCP/IP: Transmission Control Protocol / Internet Protocol Adress

REFERENCIAS

- Angulo Martínez; J. M.; Angulo Usategui y S. Romero Yesa. (2000). Microcontroladores PIC 16F87X. Ed. McGraw-Hill. ISBN: 8448128583.
- Ashok Albardar. (2002). Procesamiento de señales analógicas y digitales. Segunda Edición. Ed. Thomson Learning. ISBN: 970-686-038-X.
- Bravo Ordóñez y P. César. (2005). Comunicación entre una Estación Meteorológica Remota y un usuario de Internet. Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia.
- Comer, P. 2006. Internetworking With TCP/IP Volume 1: Principles Protocols, and Architecture. Ed. Prentice Hall 5th edition ISBN: 0-13-187671-6.
- Díaz, D. Manno, R. Bortis, C. Escobar, M. Sartori, F. Principi, M. Lucero, G.. (2009) Monitoreo por Radiofrecuencia de una Estación Meteorológica Remota. Revista Científica AVERMA. ISSN 0329-5184.
- Díaz, D. Manno, R. Bortis, C. Principi, M. Lucero, G, Urani, C. (2010). Monitoreo de una Estación Meteorológica Remota a Través de Modems GPRS. ASADES 2010, Cafayate, Salta.
- Díaz, D. Manno, R. Bortis, C. Principi, M. Urani, C. Giacobone, J. (2010). Desarrollo de un Sistema Scada e Interfases de Comunicación para Monitoreo de Sistema de Generación de Energía Eólica Via Web. ASADES 2010. Cafayate, Salta.
- Hall, M.P. (1980). Effects of the Troposphere on Radio Communication. Ed. Institution of Engineering and Technology. ISBN-10: 0906048257. 220pp.
- <http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en010284>
- ISO/IEC 12207:2008 Information Technology / Software Life Cycle Processes.
- Lathi, B.P. (2005). Introducción a la teoría y Sistemas de Comunicación. Ed. Limusa. ISBN-10: 9681805550. 409pp.
- Llamas Bello, C.; Burns, A. and A. Wellings. (2003). Sistemas de tiempo real y lenguajes de programación. Ed. Addison-Wesley Iberoamericana España, S.A. ISBN: 84-7829-058-3.
- Pérez García M., Álvarez Antón J., Campo Rodríguez J., Ferrero Martín F. Y Grillo Ortega G. (2005). Instrumentación Electrónica. Ed. Thomson. ISBN: 84-9732-166-9.
- Ramos Pascual, F. (2007). Radiocomunicaciones. Ed. Marcombo. ISBN: 8426714498. 344 pp.
- Rischpater, R. (2000). Wireless Web Development, Second Edition. Ed. Apress. ISBN: 1-59059-028-7.
- Rosiek, S. and F.J. Batlles. (2008). Adquisición y Transmisión de Datos desde Estaciones Meteorológicas Remotas. Dpto. Física Aplicada, Universidad de Almería. <http://www.todomicrostamp.com/documento>.
- Stallings, W. (2004). Sistemas Operativos. Ed. Prentice Hall, ISBN: 8420531774.
- Stalling, W. (2004). Comunicaciones y Redes de Computadores. Ed. Prentice Hall. 7º Edition, ISBN: 978-84-205-4110-5.
- Szklanny S. (2004). Mediciones de Procesos Industriales. Ed. Sivina Impresores. ISBN: 987-43-8077-2.
- Stephen J. Mellor & Paul T. Ward. 1989. Structured Development for Real Time Systems. Implementation Modeling Techniques. Volume 3. Ed. Prentice Hall. ISBN: 0-13-854803-X.
- Sartori, F. Principi, M. Manno, R. Díaz, D. Bortis, C. Lucero, G. (2009) Monitoreo vía Web de una Estación Meteorológica Remota. Revista Científica AVERMA. ISSN 0329-5184.
- www.microchip.com/download/lit/pline/picmicro/families/16f87x/30292c.pdf
- ZigBee™. (2005). Wireless Transceiver Engineering Options, White Paper, Cirronet, Inc. Summer.

ABSTRACT

This paper presents the design, development and implementation of the hardware and embedded software of a meteorological low-cost station, which includes a communication system by radio link for monitoring and remote control. To do this a generic microcontrolled card for connectivity applications was developed. A global positioning system that allows identifying the exact location, altitude and GMT time of these stations was incorporated. This allow that the information from manual collection of weather stations is now replaced by a RF real time way.

Keywords: Weather variables, weather station, GPS, communication, real-time information.