

Investigación

Vigilando el desierto. Descripción del Sistema de Telemetría de la Estación Experimental de Zonas Áridas (Almería)

La Estación Experimental de Zonas Áridas en Almería (EEZA) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas cuenta desde hace varios años con un sistema automático de adquisición de datos que permite obtener continuamente lecturas de un variado número de sensores con gran dispersión geográfica. Dichas lecturas son transmitidas automáticamente varios kilómetros a través de una serie de radioenlaces y se recopilan en bases de datos preparadas para ser publicadas o consultadas por Internet. Asimismo, puede controlarse en tiempo real el funcionamiento de los sensores, recibir alarmas y realizar acciones a distancia. La filosofía de "Internet en el campo" permite el acceso a esta vía de comunicación desde lugares remotos a través de la infraestructura existente.

Ramón Ordiales, Héctor Magán y Sebastián Vidal

Departamento de Instrumentación, Estación Experimental de Zonas Áridas del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Almería.

Descripción general del sistema

El desierto de Tabernas en Almería es el escenario utilizado para el desarrollo del Sistema de Telemetría de la EEZA. En la actualidad dicho sistema monitoriza y registra simultáneamente más de 100 sensores. Entre los datos obtenidos en tiempo real destacan variables meteorológicas (temperatura, humedad y tensión de vapor del aire, dirección y velocidad del viento, radiación solar total y neta, preci-pitación), de erosión (escorrentía y carga de sedimentos) y del suelo (temperatura, humedad y conductividad a varias profundidades).



Foto 1: Desierto de Tabernas. Una panorámica de la zona monitorizada.

Dicho registro permite a los científicos autorizados tener acceso a datos continuos tomados cada 5-10 minutos de las citadas variables, además de sus correspondientes estadísticos horarios, diarios, mensuales y anuales. El Sistema de Telemetría desarrollado en la EEZA realiza las siguientes funciones:

- Implementación de un sistema de telemetría y monitorización sobre áreas con gran dispersión geográfica.
- Seguimiento y control remoto sobre los dispositivos.
- Captura de datos sobre una estructura en Red.
- Almacenamiento masivo de datos.
- Organización, depuración y publicación final de datos.
- Monitorización en tiempo real.
- Acceso público selectivo a los datos vía Internet.

Para ello se han tenido que desarrollar diversos componentes tanto físicos (*hardware*) como lógicos (*software*). Respecto al *hardware*, se ha creado una red de estaciones de radio interconectadas entre sí, con enlaces de hasta varios kilómetros. El uso de protocolos estándar y su conexión a Internet permiten un acceso potencial desde cualquier parte del mundo. Se ha empleado equipamiento de bajo consumo, como pequeños ordenadores de uso industrial, que permiten que los sistemas sean autosuficientes usando energía solar y eólica.

En cuanto al *software*, se ha realizado un especial esfuerzo en el uso de protocolos estándar y formatos de ficheros que permitan un acceso rápido a la información mediante programas de uso común como *Microsoft Office*, *Exploradores Web*, etc. Numerosos servicios de Internet han sido implementados a pie de campo, entre ellos servidores de correo para enviar alarmas y servidores *Web* que envían a todo el mundo video y datos en tiempo real.

El sistema físico

Las principales dificultades que han tenido que superarse en el diseño inicial del sistema han sido las siguientes:

- Gran dispersión geográfica incluso dentro de una misma área de medida.
- Gran heterogeneidad en los dispositivos, medidas a muestrear y procedimientos asociados.
- Necesidad de mecanismos de *feedback* como respuesta a determinados eventos.
- Alimentación eléctrica autónoma y de bajo consumo.
- Robustez frente a condiciones ambientales extremas. Bajo mantenimiento.
- Flexibilidad y rapidez en la reconfiguración y ampliación de nuevos dispositivos.

Para ello se han desarrollado las siguientes soluciones:

- Desarrollo de redes inalámbricas de datos de baja y alta velocidad (UHF y 2GHz) usando protocolos estándar (X25, 802.11 y TCP/IP).
- Implementación de microcontroladores como interfases con sensores y otros dispositivos.
- Implementación de PC's industriales como sistemas de adquisición de datos y controladores de área con almacenamiento local y funciones autónomas de control.
- Cobertura Internet en las zonas de campo.
- Servidor de Datos Central

El sistema lógico

Todo el *hardware* da soporte a una gran variedad de subprogramas y protocolos cuyos objetivos se resumen en los puntos siguientes:

- Adquisición remota de datos de los sensores instalados.
- Control local y remoto de los distintos dispositivos. Procedimientos y eventos específicos de cada tipo de dispositivo.
- Bases de datos estructuradas.
- Acceso vía Internet a las Áreas de Telemetría.
- Visualización en tiempo real de datos.
- Descarga periódica de los datos remotos y adjunto a una base de datos común centralizada.
- Depuración y control de los datos adquiridos.
- Generación automática de estadísticas y publicación final.
- Control de acceso.

Estos puntos se agrupan en cuatro tareas principales: Adquisición, Almacenamiento, Tratamiento y Publicación

EEZA and field sites

Wireless LAN

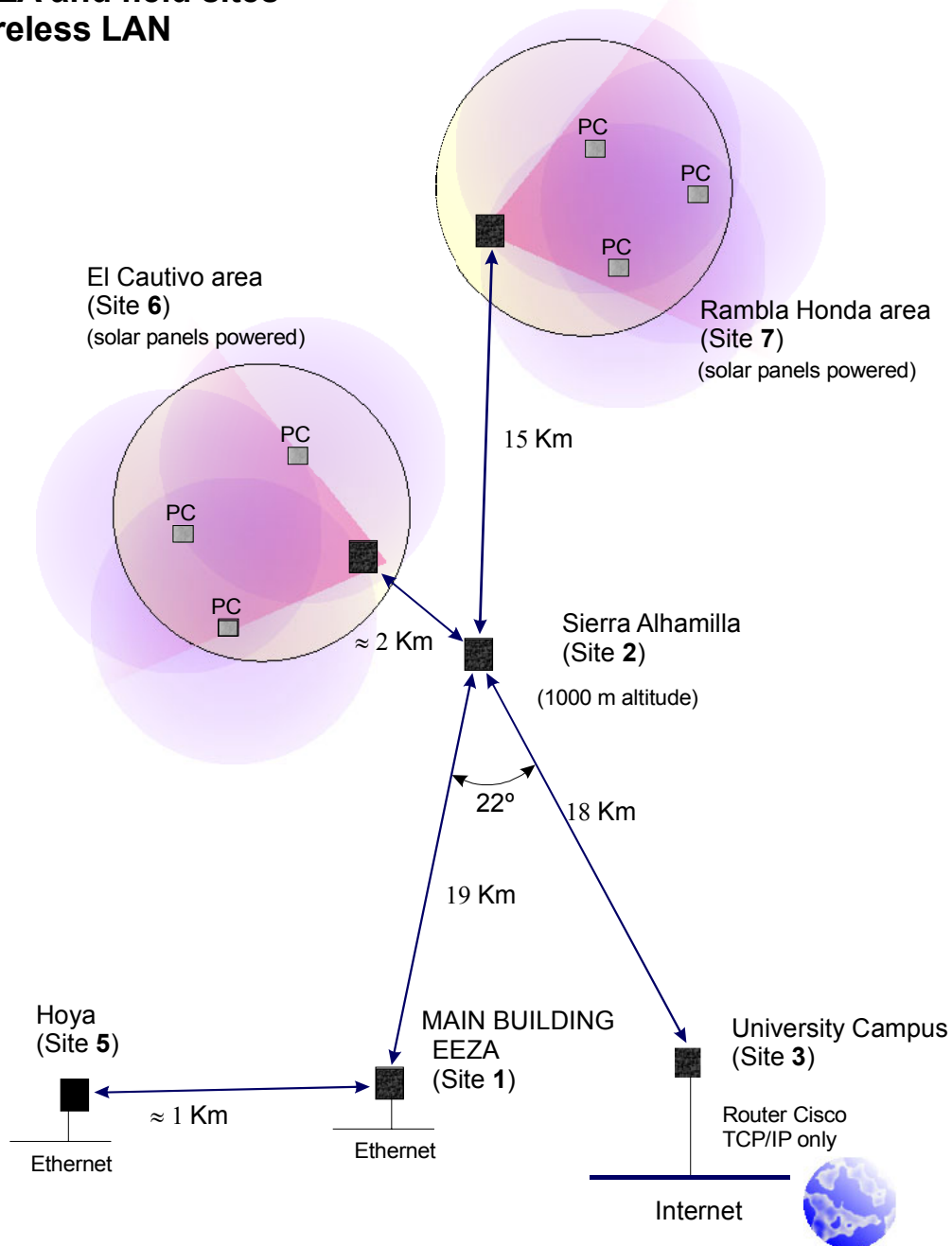


Figura 1. Esquema del sistema de telemetría de la EEZA. Todos los enlaces representados son inalámbricos. Las líneas representan enlaces de radio unidireccionales de larga distancia. Los arcos y círculos representan enlaces omnidireccionales que proporcionan cobertura de comunicaciones a las distintas áreas de estudio

Desarrollo del Sistema de Telemetría en la EEZA

Para llevar a cabo los objetivos expuestos, el sistema de telemetría en la EEZA está estructurado de forma jerárquica por diversos componentes: **Estación de Telemetría**, **Controlador de Área** y **Controlador Principal de Telemetría**.

Estación de Telemetría

El primer sistema desarrollado fue la unidad denominada Estación de Telemetría. Es una interfase universal que permite la interconexión final con los distintos dispositivos y permite su control y supervisión (**Cuadro 1**). Cada Estación de Telemetría está alimentada mediante paneles solares.

Controlador de Área

Un grupo de Estaciones de Telemetría con cierta proximidad física componen lo que denominamos Área de Telemetría (TA). Un PC miniatura, el Controlador de Área (**Cuadro 2**) se responsabiliza de todas las funciones asociadas a su zona, manteniendo los enlaces inalámbricos correspondientes, tanto locales como hacia el troncal principal. Cada Controlador de Área está alimentado mediante baterías, paneles solares y aero-generadores.

Las tareas del Controlador de Área son:

- Encuesta cíclica programada sobre cada TS.
- Almacenamiento de medidas y eventos en una base de datos local.
- Calibración de los datos adquiridos.
- Sistema paralelo e independiente de supervisión de funcionamiento correcto.
- Implementación del protocolo TCP/IP.
- Servicio de control remoto.
- Servicio HTML para la monitorización en tiempo real. (<http://rhonda.eeza.csic.es> y <http://cautivo.eeza.csic.es>)
- Sistema de alerta, vía correo electrónico sobre direcciones programadas, avisando del funcionamiento incorrecto de dispositivos, alarmas por fuera de rango, eventos especiales, etc.

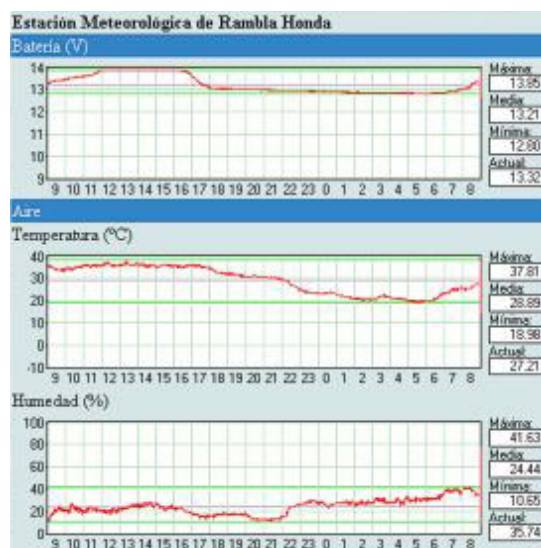


Foto 2. Información en tiempo real, via web, de una Estación de la zona de Rambla Honda.

- Sincronización de Tiempo Universal mediante cliente NTP.
- Servicio de video digital.
- Reconfiguración de dispositivo, eventos, procesos, calibración, etc.

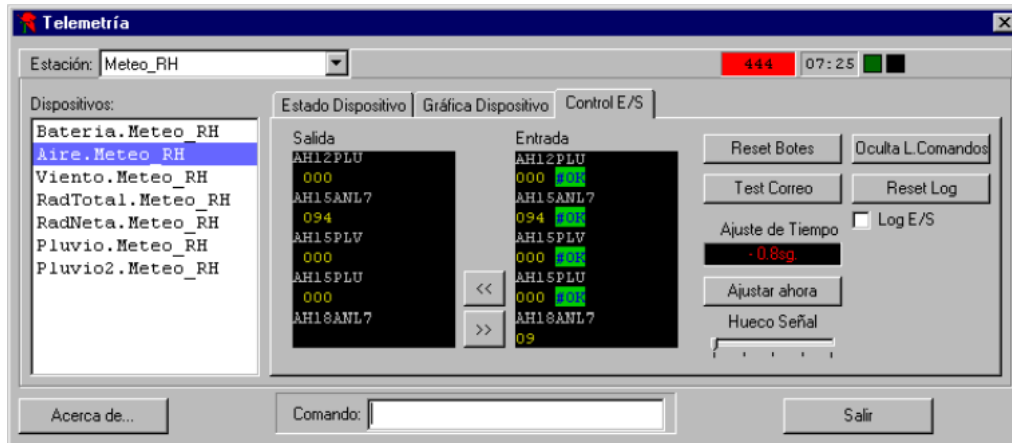


Foto 3. Una vista de la aplicación de telemetría sobre un TAC encuestando las diferentes estaciones.

Controlador Principal de Telemetría

El Controlador Principal de Telemetría (MTC) ubicado en la sede central de la EEZA y conectado al troncal principal de comunicaciones es el encargado de la descarga periódica y automática de los datos almacenados en cada TAC. Éstos, como primera fase, son reagrupados en una base de datos que denominamos “bruta”. En un segundo paso, los datos “brutos” pasan por una fase de depuración supervisada, constituyendo la base datos final o pública lista para ser consultada por la comunidad científica mediante el correspondiente control de acceso.

Como característica de seguridad, las pérdidas esporádicas de comunicación no afectan a la integridad de los datos puesto que cada TAC tiene la responsabilidad local de éstos y el proceso de descarga puede tener características totalmente asíncronas y realizarse en diferido cuando las condiciones así lo permitan.

Sistema de Publicación

El sistema de telemetría tiene como principal misión la obtención de datos para la comunidad científica. Como se ha apuntado anteriormente, los datos obtenidos son transmitidos por la red de telemetría desde el sensor hasta una base de datos centralizada donde se aglutinan y

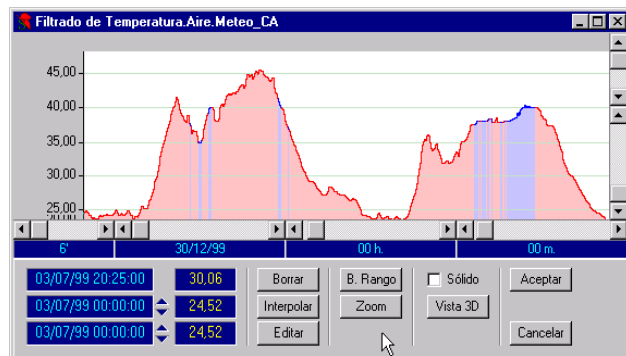


Foto 4. Vista del depurador. Gráfica editable. Las zonas azules son datos perdidos que han sido interpolados.

clasifican. El primer receptor de los datos es el denominado *Datamaster* o base de datos bruta. El *Datamaster* es considerado como un sistema de respaldo en donde quedará constancia exactamente de los datos recibidos, ya que a continuación se crea una nueva base de datos en donde los dispositivos quedan en la forma óptima para ser consultados, seleccionados y publicados. Además, junto a los datos recogidos se añadirán y calcularán las estadísticas principales, tales como datos horarios, diarios, mensuales, anuales, intensidades de lluvia instantáneas a 10 y 5 minutos, etc.

La supervisión de los datos es otra tarea importante. Para ello los datos incluyen un “marchamo” o “visto bueno”, firmado por la persona encargada en ese momento de comprobar los datos, para que los usuarios tengan la seguridad de que los datos han sido inspeccionados y que no contienen ninguna anomalía.

El programa encargado de todo el sistema de publicación se llama *Teleserver*. Se trata en definitiva de un *publicador automático*. Las principales funciones son:

- Descarga y publica automáticamente los últimos datos incorporados al servidor desde las estaciones de campo.
- Crea automáticamente los datos estadísticos de todos los datos anexionados y/o modificados.
- Controla los marchamos o vistos buenos de cada uno de los datos.
- Atiende las peticiones de depuración de datos de las personas autorizadas.
- Atiende las solicitudes de datos de las personas autorizadas.

Este servidor se complementa con tres grupos programas adicionales:

- Un **depurador** de datos, residente en el ordenador personal de cada encargado de depuración. Se comunica con el *teleserver* y tiene la capacidad tanto de dar el visto bueno a los datos como de modificarlos, interpolarlos, borrarlos y, en definitiva, depurar los datos existentes.
- Un *software cliente* de telemetría (*Teleweb*). Se trata de un programa descargable desde Internet que permite a los miembros de la comunidad científica, previamente autorizados, a descargar rápidamente los datos de telemetría e incorporarlos a sus propias bases de datos. Así mismo, incluye programas adicionales de ayuda para tratar grandes volúmenes de datos.
- Un servidor *Web* de telemetría que sirve los mismos datos a través de un explorador de Internet y de páginas *web* normales.



Cuadro 1.- Características de la Estación de Telemetría

La Estación de Telemetría (TS) incluye un número suficiente de entradas-salidas analógicas y digitales y un protocolo común de acceso local y remoto a los dispositivos conectados bajo su control. Una TS está compuesta por un grupo de sensores y actuadores eléctricamente interconectados y controlados mediante un microcontrolador común. Además, cada TS dispone de un pequeño *buffer* de almacenamiento local. Un transceptor digital UHF-PCM-FM permite la necesaria conectividad exterior. Incluye un puerto RS232 como vía local de conexión para tareas de mantenimiento y supervisión local, que permite también la conexión con otros sistemas alternativos de enlace de *backup* como GSM y cualquier otro tipo de inter-conexión tipo "Bus" de campo como CANBus, RS485, etc.



Cuadro 2.- Características del Controlador de Área

Cada Controlador de Área (TAC) está conectado al troncal principal de comunicaciones mediante un enlace de alta velocidad 2 Mbps utilizando técnicas de "espectro expandido". Este enlace digital, utiliza el protocolo TCP/IP y las capacidades de enrutamiento características de Internet. Cada TAC, a su vez, puede actuar como *router* inalámbrico local, permitiendo la cobertura de internet en el área correspondiente. Un computador portátil, dotado del receptor apropiado, ubicado dentro de la zona de cobertura del TAC, dispondrá de acceso a RedIRIS a velocidades de hasta 2 Mbps, permitiendo no sólo el acceso al sistema de telemetría, sino también a todas las facilidades características de Internet como Web, telefonía IP, multimedia, correo, etc.

Referencias

[X.25 Corr.1] Recommendation X.25 Corrigendum 1 (09/98). ITU-T: Telecommunication Standardization Sector of the International Telecommunication Union.

IEEE, "IEEE 802.11, IEEE Standard for Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specification," Draft 6.1, 26 June 1997.

Kline, D., "The Embedded Internet," Wired, Issue 4.10, October 1996.

Katz, R. H., "Adaptation and Mobility in Wireless Information Systems," IEEE Personal Communications, vol. 1 No 1, pp. 6-17, 1994.

Scott, Howard A. "Introduction to Teleaction Services," IEEE Communications Magazine, June 1994

RFC0791 Internet Protocol. J. Postel. Sep-01-1981. (Obsoletes RFC0760) (Also STD0005). IETF

RFC0894 Standard for the transmission of IP datagrams over Ethernet networks. C. Hornig. Apr-01-1984. (Also STD0041). IETF

RFC1042 Standard for the transmission of IP datagrams over IEEE 802 networks. J. Postel, J.K. Reynolds. Feb-01-1988. (Obsoletes RFC0948) (Also STD0043). IETF

RFC2616 Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1. R. Fielding, J. Gettys, J. Mogul, H. Frystyk, L. Masinter, P. Leach, T. Berners-Lee. June 1999. (Obsoletes RFC2068) (Updated by RFC2817). IETF

RFC0854 Telnet Protocol Specification. J. Postel, J.K. Reynolds. May-01-1983. IETF

RFC0892 ISO Transport Protocol specification. International Organization for Standardization. Dec-01-1983. IETF

RFC1305 Network Time Protocol (Version 3) Specification, Implementation. David L. Mills. March 1992. (Obsoletes RFC0958, RFC1059, RFC1119). IETF.

RFC2045 Multipurpose Internet Mail Extensions (MIME) Part One: Format of Internet Message Bodies. N. Freed, N. Borenstein. November 1996. (Obsoletes RFC1521, RFC1522, RFC1590). IETF.