

**UNIDAD DE
TELEMETRÍA PARA
SUPERVISIÓN
Y CONTROL
DE SEÑALES
ANALÓGICAS Y
DIGITALES USANDO
PROTOCOLO DE
INTERNET Y BASADO
EN PÁGINAS WEB Y
WAP**

Resumen

Ante la necesidad de realizar la gestión de procesos a distancia, se plantea un sistema de monitoreo y control remoto alternativo manejado a través de equipos terminales de uso común para la población, como son: la PC y los equipos móviles celulares. De esta manera, se puede adquirir los datos de un proceso físico remoto y actuar sobre él, para obtener una respuesta deseada por medio de una página web o wap, dependiendo del equipo terminal. Utilizando un micro controlador PIC18F4620, con la capacidad de comunicarse por medio del controlador Ethernet ENC28J60 y utilizando el stack MODBUS/TCP, se crea la Unidad Remota de Telecontrol capaz de transmitir los valores de las señales en sus interfaces a la base de datos de la Unidad Central de Control; Esta última, además de establecer la comunicación con la RTU, se encarga de publicar los valores contenidos en su base de datos a través de las páginas web y wap. Además, esta UCC a través de las aplicaciones web/wap también permite el control de las señales en los pines del micro controlador remoto usando los formularios de las páginas. Es así como, aprovechando el gran desarrollo en las redes basadas en TCP/IP, se puede conectar la RTU en cualquier lugar con acceso a Internet y acceder a la misma desde una PC conectada a Internet o por medio de un teléfono

■ Goncalves, Juan A.

juangoncalves@gmail.com

Cotúa, José

jcotua@ucab.edu.ve

UCAB- Caracas, Venezuela

Fecha de Recepción: 28 de marzo de 2008

Fecha de Aceptación: 6 de junio de 2008

celular dentro de una red que permita navegar a través de páginas wap.

Palabras Claves: Telemetría, control, SCADA, RTU, Modbus/TCP

Abstract

Taking into consideration the necessity of remote processes management, this work presents an alternative monitoring and remote control system handled through massive use terminal equipments, as mobile phone and PC. This system can collect data from a far away physical process and take action on it in order to have the best remote process development through a web or wap page, depending on the terminal equipment. Using a microcontroller PIC18F4620, which can connects to the Internet using an Ethernet controller ENC28J60 supported by the MODBUS/TCP/IP stack, the Remote Telecontrol Unit has been created to be able to transmit all signals measurements from its interfaces to the Control Center Unit (CCU) data base. This equipment can either, communicate to the RTU or, be in charge of show saved values in its data base by web and wap pages. This same CCU, through web and wap applications, can also control the signals on the remote microcontroller pins. Finally, taking advantage of the great TCP/IP networks development, the RTU can be placed anywhere, where can be connected by an Ethernet RJ-45 interface to the Internet, and can be controlled from any place using an Internet connected PC or by a mobile phone under a network which supports wap.

Keywords: Telemetry, control, SCADA, RTU, Modbus/TCP

1. Planteamiento del problema

En la actualidad existe una clara tendencia, por parte de las industrias, a optar por procesos de automatización y reemplazo de la mano de obra por equipos mecánicos, eléctricos, electrónicos y otros sistemas automatizados para la óptima utilización de los recursos existentes en los procesos de fabricación de productos y prestación de servicios. Así pues, con los avances de la tecnología se ha logrado desarrollar estos equipos, sin embargo, esta automatización debe venir acompañada de una continua observación del desenvolvimiento de todos los elementos involucrados durante la producción o préstamo del servicio por la industria.

La adquisición de datos para supervisión y el control de eventos se han convertido en parte integral de cualquier actividad industrial. La necesidad de una continua supervisión requiere de una inversión en personal y dispositivos necesarios para medir, registrar y guardar el desarrollo de los distintos procesos en la industria. En algunos casos, estos procesos suelen implementarse en lugares remotos, lo que implica la necesidad de un sistema capaz de (a) adquirir en tiempo real los valores de las principales variables o condiciones de los procesos físicos a distancia y (b) actuar sobre el proceso para obtener una respuesta deseada.

Incluso, esta tendencia de supervisión y control ha pasado de ser, no solo una necesidad en industrias; sino que además es utilizada en otros ambientes como sistemas contra intrusión y hurto; sistemas contra incendio; hogares y edificios inteligentes; entre otros.

Teniendo en cuenta los antecedentes anteriormente descritos y sumando el hecho de que cada vez más el usuario común -aquella persona que carece de conocimientos técnicos en el campo de la telemetría y control a distancia- requiere de herramientas sencillas, actualizadas tecnológicamente, de fácil integración a plataformas ya existentes, y que sean capaces de controlar y supervisar eventos a distancia. Han sido todos estos elementos citados los que motivaron al desarrollo de una unidad remota de telecontrol y adquisición de datos, manejado

por medio del protocolo de Internet mediante PC y equipos móviles celulares.

La idea estuvo inspirada en una tendencia de la población mundial al acceso a equipos móviles celulares y a la Internet cada vez más creciente. Asimismo, es común hoy en día que las empresas, e incluso los hogares, cuenten con redes LAN con acceso a Internet.

La labor del ingeniero en telecomunicaciones para el desarrollo de esta solución fue fundamental, ya que este proyecto estuvo envuelto en una integración de diferentes estándares y protocolos en prácticamente todas las capas del modelo de referencia OSI. Este desarrollo involucro: partir desde el estudio de los sistemas de telemetría y control existentes en la actualidad, y así poder adquirir el conocimiento necesario para llegar hasta la elaboración de un equipo; el cual permita el fácil y económico acceso a la población en general de un producto de alta tecnología y con la flexibilidad de adaptarse a las necesidades del consumidor.

El desarrollo de este producto se fundamento en un esquema de investigación científica, a fin de poder cumplir con los objetivos que se describen a continuación.

2 Objetivos

2.1 Objetivo General

Desarrollo de una unidad de telemetría para supervisión y control de señales analógicas y digitales, usando protocolo de Internet y basado en páginas web y wap

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar una investigación teórica relativa a los sistemas de supervisión y control de señales analógicas y digitales usando unidades de telemetría.
- Hacer una investigación teórica relativa a los protocolos de comunicación necesarios para la implementación de un sistema de super-

visión y control vía protocolo de Internet y basado en páginas web y wap.

- Desarrollar el hardware y el software de la unidad de telemetría para la supervisión y control de señales tanto analógicas como digitales. Incluyendo un modulo de comunicación vía protocolo de Internet.
- Programar una aplicación que funciona como unidad central de control y supervisión del dispositivo de telemetría, para la publicación de los resultados de esta supervisión en páginas web/wap y que a la vez permite controlar las señales de salida de la unidad de telemetría.

3. Marco Referencial

3.1 Telemetría

Está compuesto por un conjunto de procedimientos para la medición de magnitudes físicas y químicas desde una posición remota al lugar donde se producen los fenómenos.

Los equipos de telemetría obtienen la información mediante transductores, los cuales tienen la capacidad de transformar las magnitudes físicas o químicas a medir en señales eléctricas de magnitudes equivalentes. Estas señales son transmitidas posteriormente al lugar de petición mediante ondas eléctricas para su almacenamiento y/o análisis.

3.2 Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA)

Existen sistemas que aparte de medir los estados de los fenómenos remotos; pueden también ejercer control sobre ellos para obtener una respuesta deseada, como es el caso de los Sistemas de Adquisición de Datos, Supervisión y Control.

Generalmente los SCADA están diseñados para funcionar sobre computadores en los procesos producción o cualquier otra actividad que requiera de control (sistemas de seguridad, edificios inteli-

gentes, sistemas contra incendio o de emergencia), proporcionando comunicación a los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, microcontroladores, etc.) y de esta manera permitir el control de las actividades remotas desde la pantalla del computador u otro equipo que ofrezca una interfaz al usuario final.

De esta manera se distinguen dos capas básicas en el hardware un sistema SCADA: la “capa del cliente”: que se encarga de la interacción entre la maquina y el usuario y la “capa del servidor de datos” que maneja la mayor parte de las actividades del proceso en el control de datos. Estas capas se observan con mayor detalle en la siguiente figura.

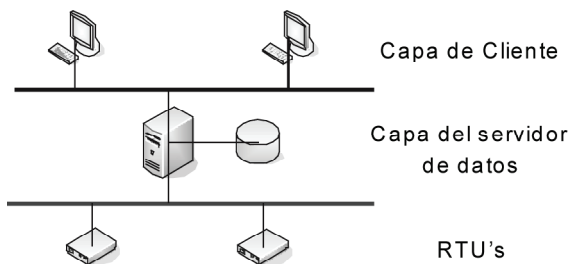


Figura 1. Arquitectura típica de hardware

Según [7] es importante destacar que “a diferencia de otros sistemas de control, un SCADA funciona primordialmente a “lazo abierto”, siendo indispensable la actividad de un operador humano para emitir las ordenes que se ejecutan”. Sin embargo, Uribe añade que también ciertas operaciones se pueden realizar a “lazo cerrado”, bien sea localmente -en donde los dispositivos remotos automáticamente establecen las acciones- o por medio de una estación maestra.

3.3 Remote Terminal Unit (RTU)

Una RTU (Unidad Remota de Telecontrol) es un dispositivo instalado en un lugar remoto, el cual recoge datos y los transforma en un formato que sea transmisible a una estación central. Estas unidades también recogen la información del dispositivo principal (peticiones de control) y pone los procesos en ejecución que son dirigidos desde el cliente.

Las RTUs se equipan de interfaces de entrada para detectar o medir y de interfaces de salida para el control. Todas estas deben tener la capacidad de manejar señales tanto analógicas como digitales. Es necesario que las RTU cuenten también con puertos de comunicaciones para conectarse con la estación central en modo full duplex.

Para los efectos de este desarrollo, se utilizó un microcontrolador PIC18F4620 de la compañía Microchip como RTU, debido a que son económicos; robustos; con la suficiente capacidad de procesamiento, memoria y velocidad para operar como estación remota; contemplan distintas interfaces de comunicación y además, poseen un módulo para conexión vía Ethernet. A continuación se detalla más sobre estos microcontroladores, con el fin de apreciar su capacidad de operar como una RTU.

3.3.1 Microcontroladores

Un microcontrolador es un circuito integrado programable o chip que integra las tres unidades funcionales básicas de un computador: CPU, memoria y unidades de E/S, tratándose entonces de un computador completo en un solo circuito integrado pero con prestaciones limitadas, debido a que desde un principio han sido concebidos para el control de máquinas o incluso otros controladores. Sin embargo, debido a su gran versatilidad hoy en día son usados para otras aplicaciones de mayores exigencias [8].

Los nombrados MCU de la familia PIC18F tienen la capacidad de trabajar a hasta 40Mhz y ejecutar instrucciones cada 4 ciclos de reloj, es decir, a 10Mips. Un PIC18F típico posee en su interior un generador de *clock* integrado; una pequeña cantidad de memoria RAM, flash y EEPROM y una gran cantidad de puertos digitales de entrada y salida, junto con puertos especializados para la entrada de señales analógicas. Para hacerlos funcionar solo se necesita: un programa que se carga en el PIC para que ejecute el algoritmo especificado; alimentación (típicamente 3.3V ó 5V) y un cristal de sincronización (opcional).

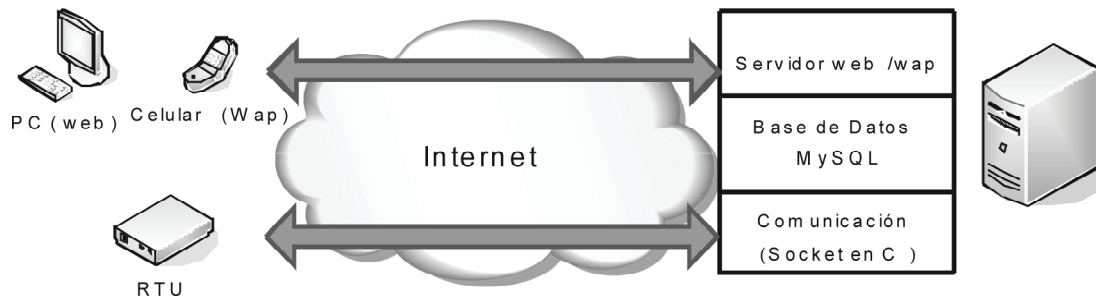


Figura 2. Esquema de comunicaciones y de la unidad central de control

3.4 Unidad Central de Control (UCC)

Se ha diseñado una unidad central de control (UCC), como la que se puede ver en la Figura 2, la cual comprende 3 capas fundamentales con funciones específicas. A continuación se describe la arquitectura de esta unidad central:

3.4.1 Capa de comunicaciones con las unidades remotas

Como el nombre indica, esta capa tiene como función establecer la comunicación entre la UCC y la unidad remota, usando protocolo de Internet, para poder monitorear y controlar los equipos conectados a las interfaces de la RTU a través de un demonio escrito en C; encargado de establecer un socket TCP con la RTU preguntando frecuentemente el estado de las interfaces de la RTU y depositando estos valores en una base de datos.

3.4.2 Capa de base de datos

Esta capa comprende dos funciones muy importantes: la primera de ellas es almacenar el estado de la unidad remota, llevando a la vez el registro de todo el historial de los cambios de las interfaces conectadas a la remota. La segunda función de esta capa es ofrecer un puente de intercomunicación entre la capa de comunicación con la unidad remota y la capa del servidor web/wap, ya que esta última capa obtiene los valores a publicar a partir de los registros almacenados en la base de datos utilizando el gestor *MySQL*.

3.4.3 Capa de servidor web/wap

Esta capa tiene como función: la publicación de los estados de las señales conectadas a los puertos de la unidad remota. Además, de servir como

interfaz al usuario para el control de las señales en los terminales de la RTU.

Este servidor tiene la capacidad, mediante el uso del interprete PHP, de publicar páginas web para los terminales PC y, a la vez, mostrar esta misma información a cualquier equipo móvil celular que soporte wap. Entre algunos de los protocolos con los que cuenta esta capa están:

WEB

Viene del “*World Wide Web*” y se podría traducir como la telaraña mundial, refiriéndose al conjunto de todas las páginas que pueden consultarse en Internet. La Web o WWW es un sistema de hipertexto que funciona sobre Internet. Para ver la información se utiliza una aplicación llamada navegador web, que se encarga de extraer elementos de información (llamados documentos o páginas web) de los servidores web (o sitios) y mostrarlos en la pantalla del usuario.

WAP Wireless Application Protocol

Traducido como protocolo de aplicaciones inalámbricas, es un estándar abierto internacional para desarrollos que utilizan las comunicaciones inalámbricas, por ejemplo acceso a servicios de Internet desde un teléfono móvil. Según *Open Mobile Alliance* (OMA, 2006), WAP se define como un entorno de aplicación y una pila de protocolos para aplicaciones y servicios accesibles a través de terminales móviles. Todas estas especificaciones son definidas por la *Open Mobile Alliance / WAP Forum*, permitiendo que los desarrolladores dise-

ñen aplicaciones de interconexión para terminales móviles, típicamente teléfonos.

3.5 Sistema de Telecomunicaciones

Como se ha comentado a lo largo de este documento, se conecta la unidad remota con la UCC a través de la interfaz física y de enlace Ethernet. Para dotar de conectividad a nivel de red se utiliza el protocolo de Internet (IP) a fin de establecer una conexión TCP para la transferencia segura de datos entre los citados elementos. Además, la UCC está encargada de aceptar las conexiones de los usuarios finales, para el control y monitoreo de la unidad remota por medio de las páginas web/wap, empleando también los protocolos anteriormente citados.

Cabe destacar que los paquetes que envía y recibe la RTU se corresponden al protocolo Modbus encapsulados en tramas TCP (Modbus/TCP) y direccionados por IP.

Modbus

Modbus describe el proceso que usa un controlador para pedir acceso a otro dispositivo; cómo responderá a las peticiones desde otros dispositivos y cómo se detectarán y notificarán los errores [2]. Además, establece un formato común para la disposición y contenido de los campos de mensaje. Los controladores se comunican usando una técnica maestro – esclavo, en la cual sólo un dispositivo (el maestro) puede iniciar transacciones (llamadas peticiones). Los otros dispositivos (los esclavos) responden suministrando al maestro el dato solicitado o realizando la acción solicitada.

Modbus / TCP

Modbus/TCP implica que el protocolo de Modbus está siendo utilizado sobre TCP/IP. El funcionamiento de una red Modbus/TCP es altamente dependiente del tipo y diseño de la red Ethernet que se utiliza y del funcionamiento de los procesadores en las interfaces de comunicaciones de los respectivos dispositivos. Como se puede ver en la Figura 3, Modbus/TCP/IP esta soportado bajo una mayor cantidad de capas en relación a su versión original, lo que le proporciona mayor seguridad y

confiabilidad; pero también mayor retardo debido a la cantidad de procesos involucrados.

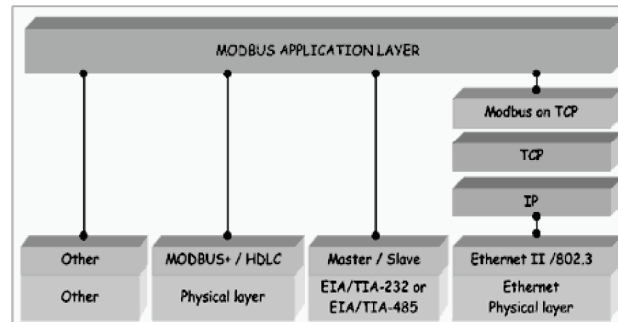


Figura 3. Esquema de capas de los diferentes estándares de Modbus.

Tomado de (Modbus-IDA, 2004, P. 15)

4. Metodología

Tipo de Investigación

El propósito de la investigación es aplicada: ya que “pretende dar solución a un problema concreto en un periodo de tiempo corto”. [1] (p. 26) Las actividades se dividieron en 7 fases que se describen a continuación:

4.1 Fase de Investigación

En esta fase se realizó toda una revisión documental (textos, bibliografías, tesis de grado, manuales, revistas, foros, páginas especializadas en Internet, entre otros) junto con consultas a profesores y personal especializado en el campo sobre todos los elementos que conforman el sistema SCADA. Todo esto con el fin de adquirir el conocimiento necesario para, en las fases de desarrollo, elaborar los elementos que conforman el SCADA.

4.2 Fase de desarrollo (Servidor Web/Wap)

Esta fase contempló toda la metodología necesaria para poner en funcionamiento el servidor de páginas web/wap. También tuvo lugar en esta fase la creación de las páginas web y wap que se alojan en este servidor

4.3 Fase de desarrollo (Base de datos)

En esta etapa se realizaron todas las actividades necesarias para poner en funcionamiento una base de datos. En esta BD se almacenan todos los valores de las señales presentes en las interfaces de la unidad de telemetría y a la vez es accesible desde el servidor web/wap; para la publicaciones de estos valores registrados mediante las páginas web y wap.

4.4 Fase de desarrollo (RTU)

En esta fase se desarrolló y puso en funcionamiento la unidad de telemetría para la supervisión y control de señales, utilizando un microcontrolador que cumple con las especificaciones necesarias para funcionar como una RTU investigada en la primera fase.

4.5 Fase de Interconexión

Tal y como el nombre lo indica, esta fase contempló toda una serie de actividades necesarias para la interconexión de los distintos elementos que conforman el sistema SCADA, tales como la creación del demonio en C, asignación de direcciones a todos los elementos, verificación mediante analizadores de protocolo del correcto flujo de mensajes entre los dispositivos, etc.

4.6 Fase de Pruebas

En esta etapa se llevaron a cabo las distintas pruebas a los elementos, por separado y en conjunto, que conforman el sistema SCADA. Determinando los anchos de banda que manejan las interfaces, capacidad de respuesta, consumo de energía y pruebas de *stress* para determinar los límites operativos de los elementos en distintos ambientes.

4.7 Fase de resultados, análisis, conclusiones y recomendaciones

A partir de los valores obtenidos de las pruebas realizadas en la fase anterior, se extrajeron los resultados de los experimentos necesarios para los

análisis y conclusiones sobre el funcionamiento del sistema. A partir de todos estos resultados, análisis y conclusiones se elaboraron las debidas recomendaciones para el correcto uso y funcionamiento de todo el sistema SCADA.

5. Resultados

En este punto se presentan los resultados más destacados obtenidos a lo largo de un año de investigación y desarrollo de este producto, siguiendo todas las actividades descritas anteriormente, a fin de cumplir con el objetivo propuesto.

5.1 Desarrollo de la RTU

La RTU desarrollada maneja las interface descritas en la Tabla 3. De esta manera, la RTU maneja una variada cantidad de elementos para monitoreo y control, en total son 13 interfaces para atender diversas operaciones. Las características de consumo de energía se describen en la siguiente tabla, las cuales fueron obtenidas a través de mediciones en pleno funcionamiento de la RTU

Consumo	Voltaje (V)	Corriente (mA)	Potencia (W)
Mínimo	4.65	210	0.976
Máximo	4.53	320	1.45

Tabla 1. Consumo eléctrico de la RTU

La RTU cuenta con los siguientes módulos de comunicaciones:

Protocolo	Term.	Max BW [Kb/s]	Uso
RS232	DB9	19.2	Configuración vía Terminal
802.3 10BaseT	RJ45	1.46	Comunicación con la UCC

Tabla 2. Módulos de Comunicaciones

Tipo de señal	Rango de Voltaje (V) ^a	Max. Corriente (mA) ^b	Máximo BW (Hz) ^e	Acción	Cantidad
Analógica	0 – 5.1	25 ^b	3.8	Entrada	4
	0 – 5.1	40 ^c	3.8	Salida	1
Digital	0 y 5.1	25 ^b	5.9 – 3.8	Entrada	4
	0 -120 [AC] 0 -24 [DC] ^d	2000 [AC] 2000 [DC] ^d	5.9 - 3.8	Salida	4

Tabla 3. Interfaces de la RTU

Nota. ^a Obtenido de valores prácticos medidos. ^b Valores obtenidos de (microchip, 2004, p. 323). ^c Valor obtenido de (National Semiconductor, 2005, p. 7). ^d indicado en el Rele ^e Valores obtenidos de pruebas de stress en condiciones especiales.

Cabe destacar que la interfaz serial RS232 solo sirve para la configuración de la unidad remota vía terminal, a través de esta se pueden modificar los parámetros de red. Por medio de este terminal también se puede observar el estado de la RTU y las peticiones provenientes de la UCC con sus respectivas respuestas. En cambio, a través de la interfaz Ethernet no se puede configurar estos parámetros de red de la RTU; sin embargo, se puede establecer la comunicación RTU-UCC para las respectivas consultas y controles.

Tal y como se ve en la Figura 4, el diseño del circuito desarrollado para la RTU fue realizado utilizando el software PCBExpress, después de determinada la correcta interconexión de los elementos que se observan a groso modo en el esquema de bloques de la Figura 5.

Como se ve en la figura, el sistema cuenta con un DAC0832 de *National Semiconductor* que permite la salida de señales analógicas de entre 0 a 5V; 4 relés para el control digital; un conversor de voltaje (MAX232) para poder establecer comunicaciones seriales según el estándar RS232 por medio de un conector DB9; conversor de voltaje entre el PIC y el controlador Ethernet ENC28J60 (compuerta AND 78HCT08) para dotar de comunicación al MCU vía RJ45 utilizando filtros y magnéticos dispuestos para adaptar las señales que entran y salen al controlador Ethernet, y aparte, para aislar el circuito de los elementos externos conectados.

En cuanto a la alimentación del circuito se emplearon los reguladores: LM7805 a fin de garantizar los 5V al PIC; Max232; arreglo Darlington para la

operación de los relés; DAC; Opam LM318 (salida del DAC) y a la compuerta AND que se emplea como conversor de voltaje entre el Controlador Ethernet y el PIC. Además, se empleó el regulador LM3940-3.3 que garantiza 3.3V a partir de una entrada de 5V, necesario para el Controlador Ethernet.

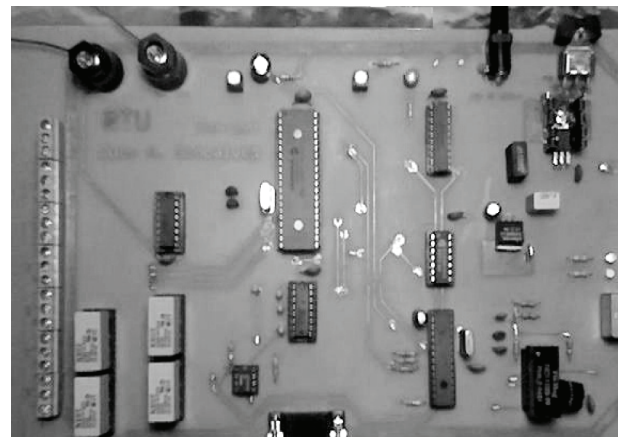


Figura 4. Circuito Impreso de la RTU

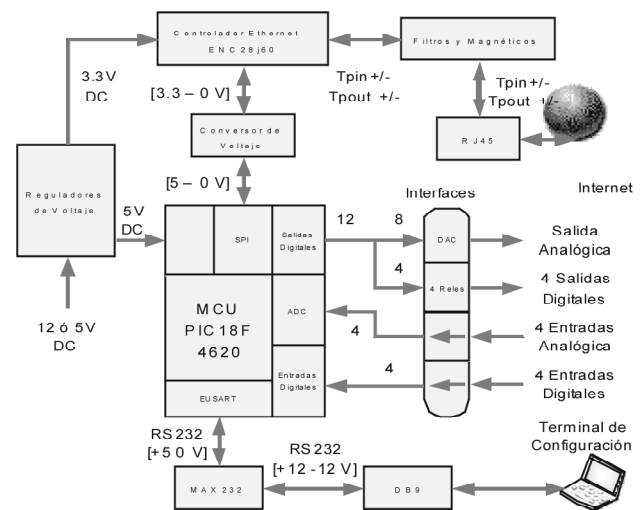


Figura 5. Esquema de bloques del RTU

5.2 Páginas web/wap

Conforman la interfaz de usuario del sistema SCADA y están alojadas en un servidor web/wap sobre apache utilizando el interprete PHP, a continuación se describen cada una de las páginas.

Páginas web/wap de autenticación

A través de estas páginas se piden los datos de nombre de usuario y contraseña para el ingreso a las distintas páginas del portal. Automáticamente y según los valores registrados en la tabla de usuarios de la base de datos, se puede conocer si el usuario puede efectuar operación de control y monitoreo (root) o solamente posee permisos para monitoreo de las interfaces (usuario limitado).

Páginas web/wap de monitoreo

En estas páginas se observan los valores de las señales presentes en las interfaces de la RTU. Su veracidad depende de la frecuencia de refrescamiento que el usuario proponga; bajo la interfaz web se puede ajustar automáticamente la frecuencia de refrescamiento de página y en el caso wap es necesario que el propio usuario haga la petición de refrescamiento.

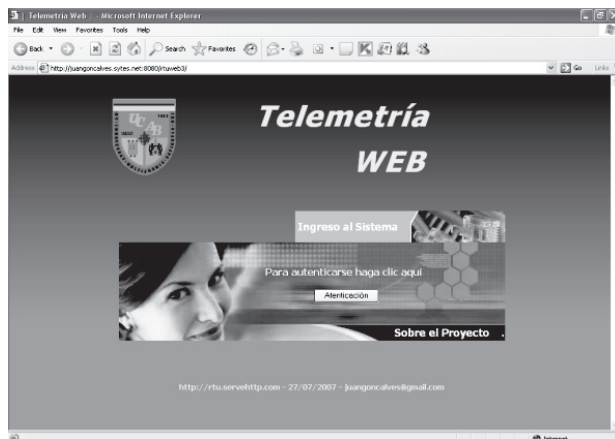
Páginas web/wap de control

Aparte de controlar la frecuencia de refrescamiento de las páginas; creación y eliminación de usuarios (estas opciones solo validas para las páginas web) y ajustes en la frecuencia de peticiones UCC-RTU, permite monitorear y establecer los valores que el usuario desea tener presente en las interfaces de control de la RTU. Además posee un algoritmo de control de múltiples peticiones de distintos usuarios sobre una misma salida de la RTU al mismo tiempo.

Páginas web de Históricos

Solo disponible vía web, presenta los valores almacenados en las tablas de históricos de la base de datos. Además, muestra por cada interfaz las estadísticas de niveles DC, AC; potencias AC y DC; junto con los valores máximos y mínimos y su ocurrencia dentro del periodo establecido por el usuario a través de un formulario de búsqueda. Para cada señal se presenta una tabla con todos los valores estadísticos descritos y una gráfica de las amplitudes con respecto al tiempo de evaluación. La precisión de la gráfica depende directamente de la frecuencia de peticiones (muestreo).

Todas estas páginas, tanto web como wap, se pueden apreciar ingresando a la dirección <http://rtu.servehttp.com>, de donde se ha extraído las imágenes de cada una de estas páginas.

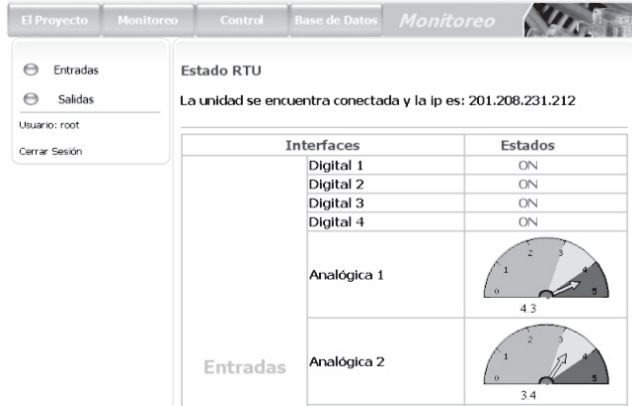


Web



Wap

Figura 6. Páginas web de autenticación

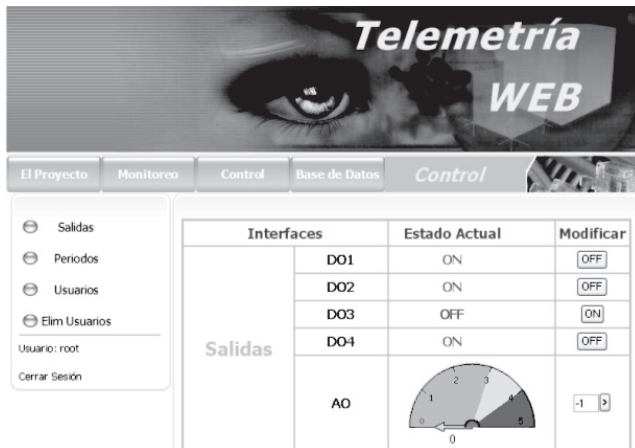


Web



Wap

Figura 7 Páginas para monitoreo analógico y digital



Web



Wap

Figura 8 Páginas para control de señales, usuarios y frecuencias

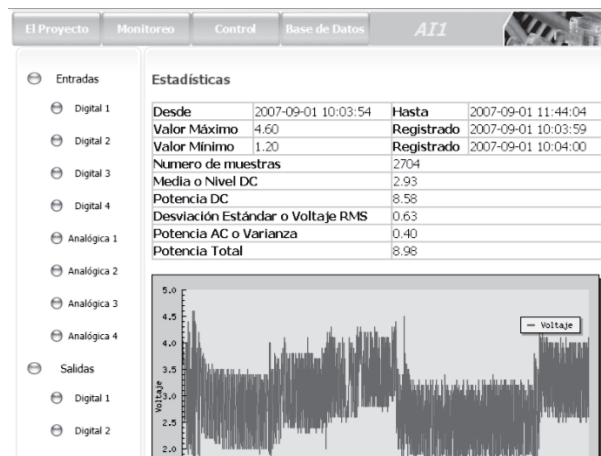


Figura 9 Fragmento de página web del estado estadístico de la interfaz analógica de entrada 1

6. Conclusiones y recomendaciones

Como se ha comentado, el desarrollo industrial trajo consigo la necesidad de poder monitorear y controlar eventos físicos remotamente; a fin de obtener una adecuada respuesta de los procesos que se desarrollan a distancia, que inclusive suelen algunas veces ser inaccesibles al ser humano o implican altos costos. Esta necesidad está siendo cubierta con la introducción de los sistemas SCADA dentro de las industrias. Tales sistemas suelen ser complejos y operados por personal experto en el área de la telemetría.

Sin embargo, con la aparición de las casas y edificios inteligentes; equipos de seguridad; contra incendio y otras aplicaciones más, ha llevado a la adopción de estos sistemas en otros ambientes donde los usuarios no cuentan con la experiencia y conocimientos necesarios para operaciones de telemetría y control dentro de las industrias con estos equipos tan complejos. Fue esta misma razón la que motivó este producto, con el fin de proporcionar a los usuarios la capacidad de controlar y monitorear cualquier evento a distancia a través de terminales comunes para toda la población (PC y celulares) y con una interfaz web/wap muy intuitiva y de fácil uso, haciendo más fácil la masificación de este tipo de sistemas en cualquier ambiente.

La característica principal de este sistema es que esta totalmente interconectado a través de Internet, lo cual simplifica enormemente la complejidad en cuanto a la interconexión en cualquier ambiente a las RTU; con tan solo conectar a las interfaces las señales que se desean monitorear y controlar y conectando a internet la RTU a través de un cable RJ45, el sistema automáticamente comenzará a trabajar sin la necesidad de realizar previas configuraciones (solo en el caso que se cuente con una conexión bajo un servidor DHCP). Además de su simplicidad a la hora de poner en funcionamiento la RTU, el hecho de que todos los elementos del sistema estén conectados a la Internet ofrece una gran movilidad de todos los dispositivos (RTU, UCC, terminales) y a la vez una fácil adaptación a cualquier ambiente.

Sin embargo, el mismo hecho de que este sistema base su interconexión sobre la Internet, implica que éste condicionado a las capacidades que ofrece la red en ese instante, es decir, las capacidades del sistema se ven limitadas al ancho de banda, tráfico y retardos que ofrezca la red a la cual ésta interconectada cada uno de los elementos del sistema.

Hay que tener en consideración que a medida que se aumenta la frecuencia de peticiones a la RTU, aumentara proporcionalmente el tráfico en la red. Aunque si bien es cierto que el BW máximo necesario de 1.46 Kb/s es relativamente bajo, no es éste el elemento dentro de la red que realmente limita la capacidad del sistema; sino el retardo y los niveles bajos e inestables de CIR. De esta manera, es necesario tomar precauciones sobre la QoS de la conexión, procurando que ofrezca características adecuadas para conexiones a tiempo real, con bajo retardo y un nivel adecuado de CIR

6.1 Posibilidades de Extensión Futura

Una de ellas es optar por una arquitectura de red diferente, en vez del sistema triangulado Terminal – UCC – RTU; hacer una comunicación directa Terminal – RTU, para ello es necesario utilizar microcontroladores con mayor capacidad de procesamiento (por ejemplo los anunciados DSPIC con controlador Ethernet integrado) y mayor cantidad de memoria (conexión externa USB de memoria flash de hasta 2GB), dado que todas las tareas en la arquitectura triangulada de este desarrollo que estaban en la UCC apoyando a la remota (base de datos y servidor web/wap); estarían en esta nueva arquitectura sobre la RTU, cargando nuevos procesos sobre el PIC u otro microcontrolador que ofrezca mejor *performance* al utilizado. Sin embargo ofrece una arquitectura de red más simple y centralizada.

También se pueden utilizar protocolos de comunicación adicionales al Modbus/TCP, como es el caso del SNMP ofrecido en el nuevo Stack TCP/IP 4.0 de Microchip, permitiendo también el TFTP que sirve para la exportación de la base de datos en la nueva arquitectura comentada. Además con los nuevos módulos de ZigBee o el desarrollado por Microchip “MiWi” se puede ofrecer una RTU

inalámbrica, permitiendo una flexibilidad aun mayor a la del sistema propuesto en este trabajo.

6.2 Alcances del Sistema

Como se puede ver, la arquitectura planteada ofrece la capacidad de adaptar el sistema a prácticamente cualquier ambiente en el cual se cuente con acceso a internet. Cosa que es bastante viable ya que prácticamente en cualquier edificación, bien sea en empresas o en los hogares, se cuenta con acceso a internet, inalámbrica o redes ya cableadas de Ethernet. De esta manera, la implementación de este tipo de sistema no implica el tendido de cables o remodelación alguna a la edificación existente.

Además, con este sistema se puede monitorear y controlar desde el estado de un contacto seco (puerta, encendido de luces, alarmas) hasta niveles de temperatura, pesos, cantidad de líquido en los tanques, concentración de gases, presión o cualquier otro fenómeno físico que a través de la utilización de transductores se pueda transformar sus magnitudes físicas en señales eléctricas o viceversa, en caso de control.

7. Referencias

- [1] Bavaresco, A. (1992). *Proceso Metodológico en la Investigación. (Cómo hacer un Diseño de Investigación)*. Caracas: Servicios Bibliotecarios de la Universidad del Zulia.
- [2] Gordon, C. y Deon R. (2004). *Modern SCADA Protocols: DPN3, 60870.5 and Related Systems* (2a. ed.) [Documento en Línea]. Mumbai, India: Newnes. Disponible: [ed2k://file|Practical%20Modern%20Scada%20Protocols%20Dnp3,60870.5%20Clarke%20G,%20E537p%20Newnes%20Elsevier%202004.pdf|20336046|EA3F2738ECCF81E3976176AF2CF54459/](http://www.ed2k.com/file/Practical%20Modern%20Scada%20Protocols%20Dnp3,60870.5%20Clarke%20G,%20E537p%20Newnes%20Elsevier%202004.pdf/20336046|EA3F2738ECCF81E3976176AF2CF54459/) [Consulta 2006, Agosto 30].
- [3] Microchip Technology Inc. (2004). *PI-C18F2525/2620/4525/4620 Data Sheet (DS3962b)*. [Documento en Línea]. Disponible: <http://www1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39626C.pdf>. [Consulta 2007, Agosto 18]. USA: Microchip Technology Inc.
- [4] Modbus-IDA (2004). *Modbus Messaging on TCP/IP implementation Guide (V1.0a)*. [Documento en Línea]. USA: Modbus-IDA. Disponible: [ed2k://file|Hardware%20%20Modbus%20Messaging%20On%20TcpIp%20Implementation%20Guide.pdf|422912|70C1EF00C4A948C76C04E2FEB8EF4DB2/](http://www.ed2k.com/file/Hardware%20%20Modbus%20Messaging%20On%20TcpIp%20Implementation%20Guide.pdf/422912|70C1EF00C4A948C76C04E2FEB8EF4DB2/) [Consulta 2006, Febrero 4].
- [5] National Semiconductor. (2005). *LM158/LM258/LM358/LM2904 Low Power Dual Operational Amplifiers* [Documento en Línea]. Disponible: <http://www.national.com/ds.cgi/LM/LM158.pdf> [Consulta 2007, Agosto 18].
- [6] OMA. (2006). *Open Mobile Alliance*. [Página web en línea]. Disponible: <http://www.openmobilealliance.org/index.html> [Consulta 2006, Agosto 4].
- [7] Uribe, L. (2004). *Scada, Master Unit, RTU* [Documento en Línea]. Disponible: GUribeUCAB@cantv.net.
- [8] Usategui, J. y Martínez, I. (2003). *Microcontroladores Píc. Diseño práctico de aplicaciones Primera parte. El PIC16F84 9. 9. Lenguajes PBASIC y Ensamblador* (3a. ed.). Madrid, España: McGraw-Hill.