

DISEÑO Y DESARROLLO DE UN MÓDULO DE RECOLECCIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRANSMISIÓN DE DATOS A TRAVÉS DE LA RED CELULAR PARA CONTADORES ELECTRÓNICOS MONOFÁSICOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

YESIRÉE ECHENIQUE¹ Y RAFAEL RIVERO²

¹Fundación Instituto de Ingeniería, Caracas, Venezuela, e-mail: yechenique@gmail.com

²Universidad Central de Venezuela, Escuela de Ingeniería Eléctrica, e-mail: rafael.rivero@ucv.ve

Recibido: junio 2010

Recibido en forma final revisado: octubre 2012

RESUMEN

Se presenta el diseño y desarrollo de un módulo concentrador de datos para contadores electrónicos de energía eléctrica, encargado de la recolección, almacenamiento y transmisión de datos a través de la red GSM. En la etapa de recolección se implementó el protocolo Modbus RTU sobre una interfaz física RS-485 para la lectura de los datos provenientes de los contadores de energía, estos datos son almacenados en una memoria de alta capacidad. Las variables guardadas en el concentrador son las siguientes: tensión, corriente, energía activa, energía reactiva, energía aparente, factor de potencia, dirección Modbus, serial del equipo, fecha y hora de la lectura. La transmisión de los datos se implementó a través de un módulo embebido para enviar la información vía GPRS con protocolo TCP/IP sobre la red GSM a una interfaz de prueba. Estos sistemas de medición remota han tomado un gran auge en los últimos años y su implementación representa un ahorro significativo para las empresas de servicio, sean de gas, agua o de energía eléctrica, ya que colaboran en la recolección de información de cada medidor y permiten conocer al consumidor y a las empresas de servicio las irregularidades presentes en la red, permitiendo así que las empresas tomen las acciones correctivas y/o preventivas para prestar un servicio de calidad. La implementación de este tipo de desarrollos en Venezuela es de gran importancia para el impulso tecnológico nacional.

Palabras Clave: Medición automatizada, telemática, telecomunicaciones, supervisión, sistemas embebidos

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A MODULE FOR COLLECTION, STORAGE AND DATA TRANSMISSION THROUGH CELLULAR NETWORKS FOR SINGLE PHASE ELECTRONIC ENERGY METERS

ABSTRACT

This paper presents the design and development of a concentrator for electronic electric power meters, responsible for collecting, storing and transmitting data through GSM (Global System for Mobile communication) network. In the collection phase the Modbus RTU protocol was implemented on a physical interface RS-485 to read data from the meters and store it in a high capacity memory. The variables stored in the concentrator are as follows: voltage, current, active power, reactive power, apparent power, power factor, Modbus address, equipment serial number, time and date of reading. The data transmission was implemented through an embedded module to send the information via GPRS with TCP/IP protocol over GSM network to a test interface. This kind of remote measurement systems have been gaining much attention lately and its implementation represents a significant cost reduction for utility companies whether gas, water or electricity, since they provide information from each energy meter, to the consumer and utilities to let them notice irregularities in the network and so taking corrective and/or preventive actions in order to provide a quality service. The implementation of such kind of technology in Venezuela is of great importance to the national development.

Keywords: Automated measurement, data transmission, telecommunications, supervision, embedded systems

INTRODUCCIÓN

Los nuevos avances tecnológicos a nivel de comunicaciones, transmisión de datos e instrumentación permiten ofrecer mejoras significativas en los sistemas de distribución y dan la apertura a sistemas automatizados de mediciones o sistemas AMR (Automatic Meter Reading), que se encargan de recolectar los datos de los instrumentos (pueden ser de consumo de energía, de agua, de gas, etc.) y transmitir la información a un centro de control, estos sistemas presentan ventajas significativas, por ejemplo, en el área de energía eléctrica, permite a los usuarios conocer sus perfiles de carga y necesidades de energía por tiempo, logrando saber desde el principio cuanto consume y cuanto será la facturación de ese mes. En cuanto a la empresa eléctrica le permite ofrecer calidad en la prestación del servicio debido a que pueden brindar mayor exactitud en las medidas, ayudar a detectar fallas de manera temprana, disminuir los tiempos de desconexión del servicio, cuantificar la demanda de energía por zona y contribuir a la estimación del crecimiento de la red durante la planificación. (Chandler, 2005; Wu, et ál., 2004; Yujin, 2010; Zapata, et ál., 2001). La apertura de los mercados de energía a nivel internacional y la norma de Calidad del Servicio de Distribución de Energía Eléctrica a nivel nacional (Ministerio de Energía y Minas, 2004) fomentan la necesidad de implementar este tipo de sistemas remotos en el país.

En esta publicación se presenta el diseño de un concentrador de mediciones eléctricas, es decir, un módulo que se encarga de la recolección, almacenamiento y transmisión de datos a través de la red celular GSM (Global System for Mobile communication), los datos son enviados desde los contadores de energía hacia el concentrador mediante una interfaz serial RS-485, estructurados bajo protocolo Modbus RTU; el almacenamiento se lleva a cabo en una memoria no volátil del tipo MMC (MultiMedia Cards) de alta capacidad y la transmisión se realiza periódicamente a través de la red GSM por medio de la tecnología GPRS (General Packet Radio Service) sobre el protocolo TCP/IP. Finalmente para la verificación de la operatividad del equipo y las comunicaciones se implementó un simulador del centro de control, desarrollando una aplicación en una PC bajo el software Labview, en donde se recogieron los datos enviados por el concentrador, para su visualización, verificación y almacenamiento.

SISTEMAS DE MEDICIONES AUTOMÁTICAS AMR (AUTOMATIC METER READING)

Un sistema AMR es aquel que recolecta datos de los medidores de los usuarios y los envía a la empresa de

servicio. Está constituido por las siguientes etapas: instalación de medición (concentrador de mediciones y medidores), medios de comunicación y centro de control. En el centro de control se maneja toda la administración del sistema de medición, está integrado por servidores, interfaces de comunicación y sistema de aplicaciones. Los medios de comunicación contienen los protocolos y canales de transmisión, ellos son el enlace entre el centro de control y las instalaciones de medición, en donde se realiza la adquisición de los datos a través de medidores y concentradores (Venganti, 2004). Actualmente existen medidores de energía avanzados (Das, 2009; Nakandakari, 2008), que cuentan con puertos de comunicación estandarizados, lo cual permite integrarlos a una red para la transmisión de los datos hacia el concentrador y con esto a niveles superiores. Los sistemas AMR son aplicados principalmente en instalaciones de agua, gas y electricidad. Un esquema general de la estructura de los sistemas automatizados se muestra en la figura 1.

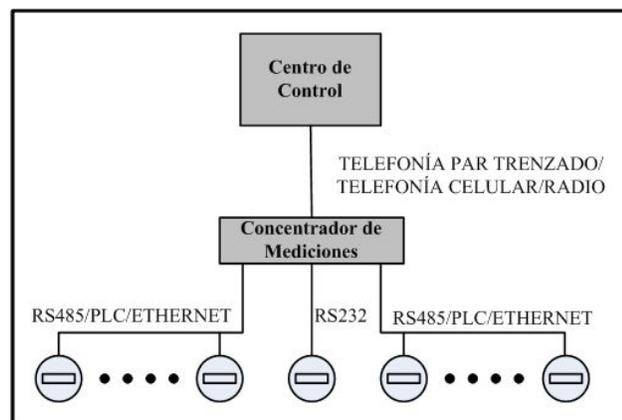


Figura 1. Esquema General de los sistemas AMR.

La comunicación entre los concentradores y los medidores de energía se puede realizar a través de diversas tecnologías como: PLC (Power Line Carrier u onda portadora a través de la línea de distribución), radio de corto alcance, red Ethernet, redes seriales (RS485/RS232) o redes inalámbricas de corto alcance como Zigbee (Primicanta et ál., 2010). La comunicación entre el concentrador y centro de control normalmente se realiza a través de línea telefónica, PLC o radio de medio y largo alcance. Al centro de control alternativamente le pueden llegar datos de dispositivos de recolección de manera manual (handheld) o de sistemas de recolección móviles vehiculares (Venganti, 2004; Wu, et ál., 2004; Zapata, et ál., 2001). La mayoría de estas comunicaciones nombradas con anterioridad han presentado algunos problemas de transmisión-recepción de datos, tales como: dificultades con la distancia de transmisión (generalmente necesidad de línea de vista), altos costos, difícil mantenimiento e inconvenientes en la

seguridad de los datos transmitidos (Wu, et ál., 2004). Pero debido al avance en las telecomunicaciones, ha tomado gran auge en la implementación de estos sistemas automatizados utilizar redes celulares, especialmente GSM. La tecnología GSM permite manejar varias bandas, incluso separar las de voz y datos, lo cual sirve para cubrir una gran cantidad de usuarios. Esta tecnología presenta tres tipos de servicios para transmisión de datos: CSD (Circuit Switch Data), SMS (Short Message Services) y GPRS (Zucala, 2004). La comunicación GPRS presenta muchas ventajas para las aplicaciones AMR frente a los otros tipos de comunicación de datos (Kehe, et ál., 2010; Long Z, et ál., 2009; Wu, et ál., 2004; Zucala, 2004):

- Permite tener acceso a internet bajo protocolo IP, soportando protocolos de transporte como UDP/TCP.
- Se habilitan canales por usuarios y siempre se encuentra conectada (on-line), puede procesar muchos usuarios y datos de manera fácil y simultánea.
- Facturación por datos transmitidos y no por tiempo de conexión, por lo tanto los costos se hacen más económicos.
- Alta tasa de transferencia de datos (171,2 kbps teórica).

Adicionalmente el incremento en el mercado de módulos y dispositivos routers (RS232-GPRS) para implementar esta comunicación en diferentes equipos electrónicos hacen que actualmente sea preferida para los sistemas automatizados.

DEFINICIÓN DEL EQUIPO

El equipo desarrollado es un módulo de recolección, almacenamiento y transmisión de datos a través de la red celular GSM, los datos son parámetros eléctricos obtenidos de contadores electrónicos monofásicos de energía eléctrica (se remiten al centro de pruebas las variables de tensión, corriente, energía activa, energía reactiva, energía aparente,

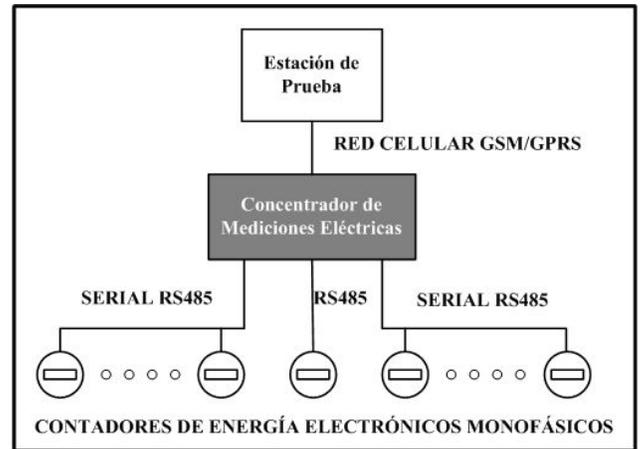


Figura 2. Esquema General del sistema concentrador-contadores.

factor de potencia, dirección Modbus, serial del equipo, fecha y hora de la lectura). Este sistema está diseñado para implementarse en edificios, en donde todos los medidores se encuentran a una distancia cercana. Tomando el concepto de sistemas automatizados de mediciones, este dispositivo cumple las funciones del concentrador de datos. El equipo recoge la información de los contadores de energía a través de una interfaz serial RS485 por medio del protocolo Modbus cada 10 minutos, almacena los datos en una memoria de alta capacidad tipo MMC por un período de 15 días, transmite los datos por medio de la red GSM a través de la tecnología GPRS y el protocolo TCP/IP a una estación receptora de prueba (en esta estación se realiza el almacenamiento de los datos a manera de históricos). En la figura 2 se observa un esquema general del sistema concentrador – contadores de energía eléctrica.

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

El equipo desarrollado presenta seis (6) etapas de diseño y se observan en la figura 3.

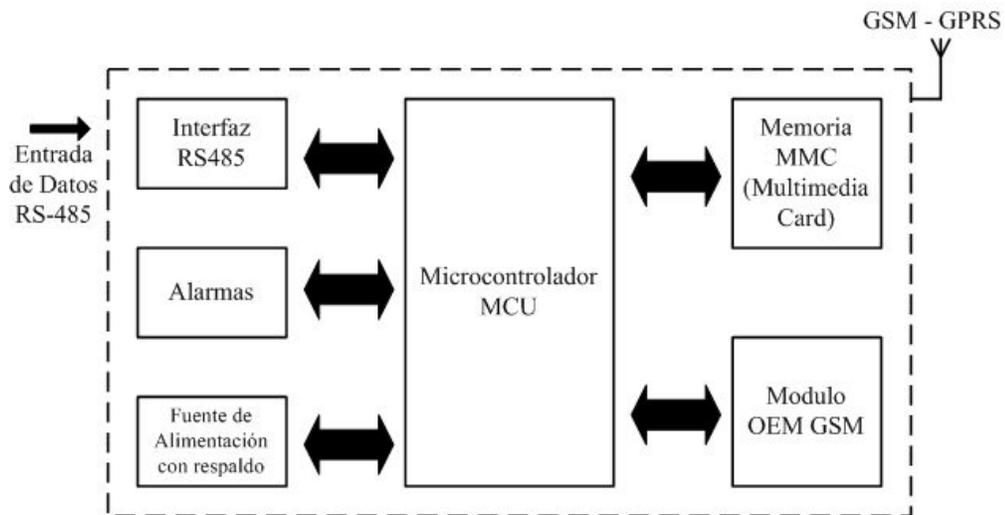


Figura 3. Diagrama de bloques de las etapas del equipo

Estructura principal

La estructura principal está conformada por un microcontrolador de la empresa Microchip, modelo 18F6527, se seleccionó este microcontrolador por la capacidad de memoria (48kB), manejo de varios puertos seriales (2 TTL, 2 I2C, 2 SPI), fácil programación y disponibilidad. El PIC18F6527 cumple con las funciones de controlar los módulos de recolección, almacenamiento, transmisión y alarmas. En la estructura principal también encontramos el reloj de tiempo real de la empresa MAXIM, DS1340C, éste dispositivo tiene circuito interno para el oscilador, comunicación serial I2C, interruptores para el manejo de corriente del sistema de alimentación y se encarga de llevar el contador para el tiempo cumplido de la transmisión de los datos, dando así mayor exactitud.

Fuente de alimentación con respaldo

Para la alimentación del equipo, se implementó una fuente de alimentación de 5VDC con respaldo de batería, la entrada del diseño es una tensión de 12VAC, posee un circuito interruptor que permite accionar la batería de respaldo si la tensión de 12VAC no está conectada.

Recolección de datos

Para la recolección de los datos se implementó el protocolo Modbus RTU a través de la interfaz física RS485, esta interfaz permite una conexión de hasta 32 esclavos. Se instaló un bus de dos hilos sin neutro, en los cuales cada esclavo se conecta directamente. La comunicación es de tipo maestro-esclavo en modo único (el esclavo espera la pregunta, procesa y envía la respuesta). La trama Modbus utilizada se observa en la figura 4, esta trama posee un byte de direccionamiento, un byte para el código de la función, 0-252 bytes para el envío de datos y dos bytes para el chequeo de errores (a través de CRC (Ciclical Redundancy Checking)). La estructura como tal varía dependiendo del comando ejecutado. El protocolo precisa desde 1-247 direcciones para nombrar a los esclavos y cada dirección es única. (Modbus-IDA, 2004; Modbus-IDA, 2002)

DIRECCIONAMIENTO	CÓDIGO DE FUNCIÓN	DATOS	CRC (LRC)
1 BYTE	1 BYTE	0-252 BYTES	2 BYTES

Figura 4. Trama Modbus implementada en el equipo

El protocolo establece 20 códigos de función o comandos Modbus que pueden ser implementados. Se seleccionaron solo seis comandos para realizar en el diseño, se observan en la tabla 1, el concentrador de datos utiliza sólo dos

comandos principales para la recolección de los datos de los medidores, el comando 0x03 y el comando 0x04.

Tabla 1. Códigos de función seleccionados para el equipo

COMANDOS	DESCRIPCIÓN
0x03	Lectura de los registros de escritura/lectura
0x04	Lectura de los registros de solo lectura
0x06	Escritura de registros
0x08	Lectura de registros de diagnósticos
0x10	Escritura de múltiples registros

Para ver la estructura de la trama aplicada en un comando específico se muestra el comando 0x04 en la figura 5, en ésta se muestra la pregunta del maestro (concentrador de datos) y la respuesta del esclavo (contador de energía).

DIR	CÓDIGO DE FUNCIÓN	DATOS		CRC
1 - 32	0x04	Comienzo de dirección de registro (2 bytes)	Tamaño del registro (2 bytes)	2 BYTES

DIR	CÓDIGO DE FUNCIÓN	DATOS		CRC
1 - 32	0x04	Contador de bytes (1 byte)	Valor del registro (N bytes)	2 BYTES

Figura 5. Código de función 0x04 pregunta del maestro y respuesta del esclavo

Adicionalmente cada comando puede generar otra respuesta llamada respuesta de excepción, se tomaron del estándar tres posibles respuestas de excepción:

- 0x01 Cuando el comando que se recibe no es el adecuado según la estructura recibida.
- 0x02 Cuando la dirección enviada no es legal (1-247).
- 0x03 Cuando el valor de la trama no es correcto según el comando.

Como protección se emplea un "timeout" para las condiciones en las cuales la trama no llega o llega de forma incompleta.

Almacenamiento de datos

Para el almacenamiento de los datos se seleccionó una memoria MMC (tarjeta Multimedia), esta memoria fue preferida porque tiene bajo consumo, alta capacidad y un tiempo rápido de escritura por bloques. Estas memorias están basadas en un bus de 7 terminales que opera a una tensión aproximada de 3.6V. Posee dos protocolos de comunicación: Modo MMC (estándar) y modo SPI (opcional). El modo SPI es muy conveniente cuando se trabaja con microcontroladores y es seleccionado en el proceso de inicialización de la tarjeta. No define un protocolo completo de comunicaciones ya que es alterno e implementa solo un grupo de comandos del protocolo MMC. Es usado para una tarjeta y baja velocidad de transmisión. Este modo

fue el seleccionado para el diseño. Para esto se implementó un bus de cuatro señales para una interfaz directa con el puerto SPI del microcontrolador. Los comandos básicos en Modo SPI son inicialización y lectura/escritura. La estructura de almacenamiento se observa en la figura 6, al cumplirse los 10 minutos necesarios, se leen y almacenan cada una de las variables establecidas (tensión, corriente, energía activa, energía reactiva, energía aparente, factor de potencia, dirección Modbus, serial del equipo, fecha y hora de la lectura). Se recolectan por esclavo conectado 32 bytes, para un total máximo (32 esclavos) de 1024 bytes por barrido. (MMCA Technical Committee, 2003).

Transmisión de datos

Para la transmisión de los datos se utiliza el módulo G24 de la empresa Motorola, aunque casi todos los módulos embebidos para transmisión de datos presentan características similares, el G24 presenta ventajas costos-beneficios con respecto a otros, por ejemplo, el distribuidor y soporte técnico se encuentra en Venezuela, pequeña dimensión, modelos en dos y cuatro bandas (puede funcionar para Digitel, Movistar y Movilnet). El módulo posee la transmisión de datos por medio de la tecnología GPRS y dispone de dos protocolos de transporte sobre esta red, TCP/IP o UDP/IP, ambos para comunicarse a través de Internet. Después de realizar pruebas básicas con el módulo con ambos protocolos se decidió implementar en el diseño el protocolo TCP/IP, este protocolo tiene ventajas significativas sobre el UDP para aplicaciones en donde se maneja gran cantidad de datos ya que presenta sincronización de los datos (necesita reconocimiento y orden en la entrega/recepción de paquetes), fiabilidad

de los paquetes entregados, control de flujo y manejo de congestión de redes. Presenta desventaja en el tiempo de entrega, pero en nuestro caso no es crítico (el tiempo de entrega es manejado en gran medida de manera directa por medio de programación). El módulo G24 también ofrece la opción de mensajes cortos o SMS (Short Message Service) esta opción fue descartada, ya que no presenta ni seguridad ni garantía de entrega.

Se implementó un módulo de comandos AT para el manejo del G24, este equipo dispone de más de 100 comandos para inicialización, llamada de voz, llamada de datos, etc. El proceso de transmisión de los Comandos AT es orientado a bytes, de manera serial, en formato ASCII.

La transmisión de los datos debe realizarse cada 15 días, se envían paquetes de 512 bytes en el mismo orden en el cual fueron almacenados en la memoria MMC. El número máximo de bytes a enviar en 15 días (con 32 medidores conectados), es de aproximadamente 2,3Mb.

Alarmas

Se implementaron dos alarmas informativas, la primera por apertura de equipo, es una alarma en tiempo real, al detectar la puerta abierta del equipo se envía una trama al centro de control, en donde, se recibe el número de la falla y la dirección del equipo en falla.

La segunda es una alarma de supervisión de la temperatura interna del equipo, la temperatura debe estar en un rango de 0°C - 60°C para considerarse adecuada para el funcionamiento de todos los componentes. Está supervisión

DIR MEM	ALMACENAMIENTO						
0 - 31	MEDIDOR 1						
	Dirección Modbus	Serial del equipo	Energía Activa	Tensión	Corriente	Fecha del equipo	Reservado Futuro
32 - 63	MEDIDOR 2						
	Dirección Modbus	Serial del equipo	Energía Activa	Tensión	Corriente	Fecha del equipo	Reservado Futuro
64 - 95	MEDIDOR 3						
	Dirección Modbus	Serial del equipo	Energía Activa	Tensión	Corriente	Fecha del equipo	Reservado Futuro
96 - 127	MEDIDOR 4						
	Dirección Modbus	Serial del equipo	Energía Activa	Tensión	Corriente	Fecha del equipo	Reservado Futuro
128 - 159	MEDIDOR 5						
	Dirección Modbus	Serial del equipo	Energía Activa	Tensión	Corriente	Fecha del equipo	Reservado Futuro
⋮	⋮						
992 - 1023	MEDIDOR 32 (Máximo)						
	Dirección Modbus	Serial del equipo	Energía Activa	Tensión	Corriente	Fecha del equipo	Reservado Futuro
1024 - 1055	MEDIDOR 1						
	Dirección Modbus	Serial del equipo	Energía Activa	Tensión	Corriente	Fecha del equipo	Reservado Futuro
⋮	⋮						

Figura 6. Estructura de almacenamiento

se realiza cada 10 minutos después de un almacenamiento, la temperatura se mide a través del sensor TC1046 de la empresa Microchip.

DISEÑO Y MONTAJE

La caja contenedora del concentrador de datos debe ser robusta dado que pudiera estar colocada a la intemperie, con lo cual el resguardo es muy importante. Se seleccionó una caja industrial aislada marca Himmel, código CI2216, con protección IP66. Las conexiones hacia el exterior se

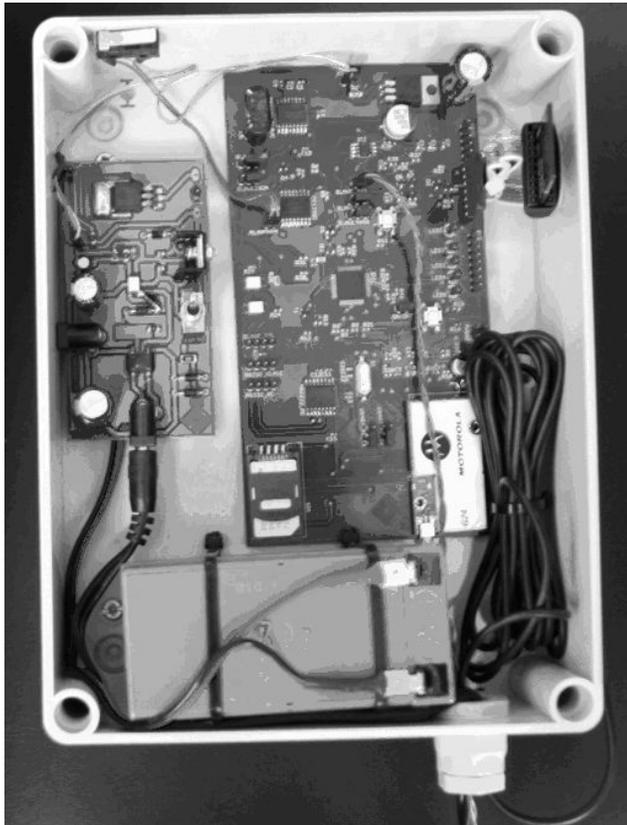


Figura 7. Parte interna del equipo concentrador de datos

hacen por medio de una prensaestopa, su función es dejar salir los cables externos y no permitir en la medida de lo posible, que se pierda el grado de protección. En la figura 7 se observa el concentrador.

VALIDACIÓN

La validación del equipo completo se estructuró en etapas al igual que en la parte de diseño y desarrollo del prototipo, cabe destacar que cada una de estas pruebas se realizó en laboratorio, con una muestra de 4 contadores de energía eléctrica (Nakandakari, 2008) y el módulo concentrador. A continuación se detallan las fases más resaltantes de validación del equipo.

Recolección de datos. Interfaz RS485. Protocolo Modbus.

Para probar la interfaz física RS485 y la programación de los comandos Modbus se implementó una interfaz de prueba inicial en el programa Labview de National Instruments. Se programaron dos comandos hacia los contadores de energía para realizar la recolección de datos, el comando 0x03 y el comando 0x04. En este programa se puede interrogar a los contadores de energía y de manera adicional se pueden ejecutar comandos de inicialización para el funcionamiento del concentrador (configuración y lectura del reloj de tiempo real del concentrador, inicialización, lectura y escritura de la memoria MMC, etc.). Con esta interfaz se prueba sobre cada esclavo conectado y se demuestra paso a paso la recepción/transmisión de datos seriales en el concentrador, en donde el equipo recibe un comando, estructura la trama completa del protocolo Modbus y la envía al esclavo correspondiente. De igual manera, recibe los datos de los esclavos, verifica la trama, procesa los datos y muestra en pantalla. En la figura 8 se observa la interfaz implementada.

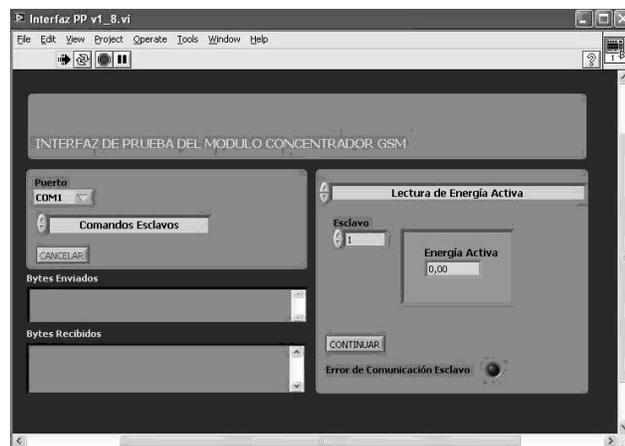


Figura 8. Interfaz de Prueba Protocolo Modbus Interfaz RS485

Almacenamiento de datos. Memoria MMC.

Para verificar el módulo de la memoria MMC se implementaron dos comandos del protocolo MMC, el de lectura y el de escritura. Se almacenan directamente en memoria los parámetros obtenidos de los medidores a través del protocolo Modbus (tensión, corriente, energía activa, energía reactiva, energía aparente, factor de potencia, dirección Modbus, serial del equipo, fecha y hora de la lectura) y cada cierto período se realizó una lectura de la memoria para obtener un registro completo del almacenamiento y se verificó la cantidad de bytes almacenados y veracidad de los datos contra los datos mostrados en pantalla de los medidores. En la figura 9 se observa el registro en la dirección 0 de la memoria.

DIR.	MEMORIA															MED.
0-31	01	01	00	00	00	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	1
	00	00	2D	80	00	00	AA	AA	AA	AA	36	50	15	18	07	
32-63	01	02	00	00	00	02	00	00	00	00	00	00	00	00	00	2
	00	00	2D	A2	AA	AA	00	00	03	E8	28	50	15	18	07	
64-95	01	03	00	00	00	03	00	00	00	0A	00	00	00	00	00	3
	00	00	2E	47	00	00	01	03	E8	07	50	15	18	07	07	
96-127	01	05	00	00	00	05	00	00	00	00	AA	AA	AA	AA	00	4
	00	00	2E	F4	00	00	AA	AA	AA	AA	07	50	15	18	07	

<input type="checkbox"/> Dirección del concentrador	<input type="checkbox"/> Energía Reactiva	<input type="checkbox"/> Factor de Potencia
<input type="checkbox"/> Dirección Modbus	<input type="checkbox"/> Energía Aparente	<input type="checkbox"/> Hora y Fecha
<input type="checkbox"/> Serial	<input type="checkbox"/> Tensión	<input type="checkbox"/> Respuesta No recibida
<input type="checkbox"/> Energía Activa	<input type="checkbox"/> Corriente	

Figura 9. Registro en memoria MMC dirección 0

Transmisión de datos. Módulo G24. Interfaz de Usuario.

En principio se realizaron pruebas al módulo G24 sobre un módulo propietario de la empresa Motorola, en él se verificaron los comandos AT de inicio, apertura de llamadas, SMS, protocolos TCP/UDP/IP. Después de esto se definió una estructura de desarrollo propia para la utilización de este módulo, y se implementó está en el circuito impreso del concentrador.

Finalmente, para la validación de los datos y del equipo completo se realizó una interfaz con el programa LabVIEW de la empresa National Instruments. Está interfaz se encarga de recibir los datos enviados por el concentrador, validarlos (valores de los medidores de energía en rangos adecuados) y almacenarlos a manera de histórico de dos formas, la primera almacena los datos en un archivo de

texto y la segunda almacena los datos en un archivo de base de datos (Access de la casa MS). El almacenamiento en el archivo de texto es seleccionable y tiene dos maneras de almacenamiento, en un archivo de texto con los datos procesados (en donde se muestran las tensiones, corrientes, energía activa, energía reactiva y factor de potencia) y un archivo de texto con los datos en crudo (recepción de los datos en formato hexadecimal). En la figura 10 se observa la descripción interfaz de usuario.

Para comprobar la recolección, almacenamiento y transmisión de los datos se muestra en la figura 11 y en la figura 12 un ejemplo gráfico de la información de energías para un medidor con una carga de un motor de ventilador, con un escalado de tiempo de 1 minuto para la recolección y 10 minutos para la transmisión para una muestra de 126 datos.

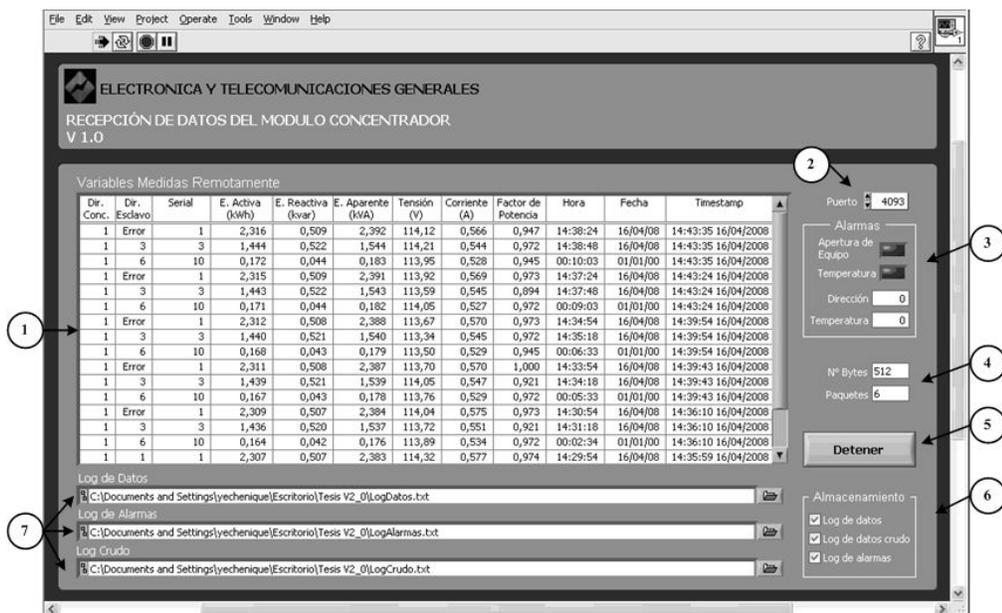


Figura 10. Interfaz de Usuario

1. Pantalla de visualización de los datos
2. Puerto por el cual se van a recibir los datos
3. Estructura para visualizar la recepción de alarmas
4. Información de la recepción de datos
5. Detener la interfaz
6. Selección del almacenamiento en los archivos de texto
7. Selección de la dirección de almacenamiento de los archivos de textos

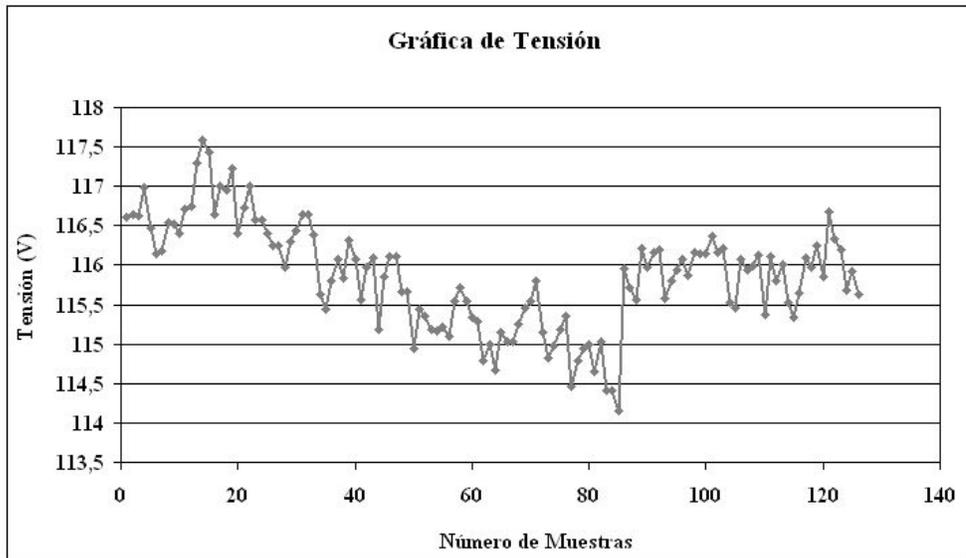


Figura 11. Gráfica de tensión de los datos recibidos

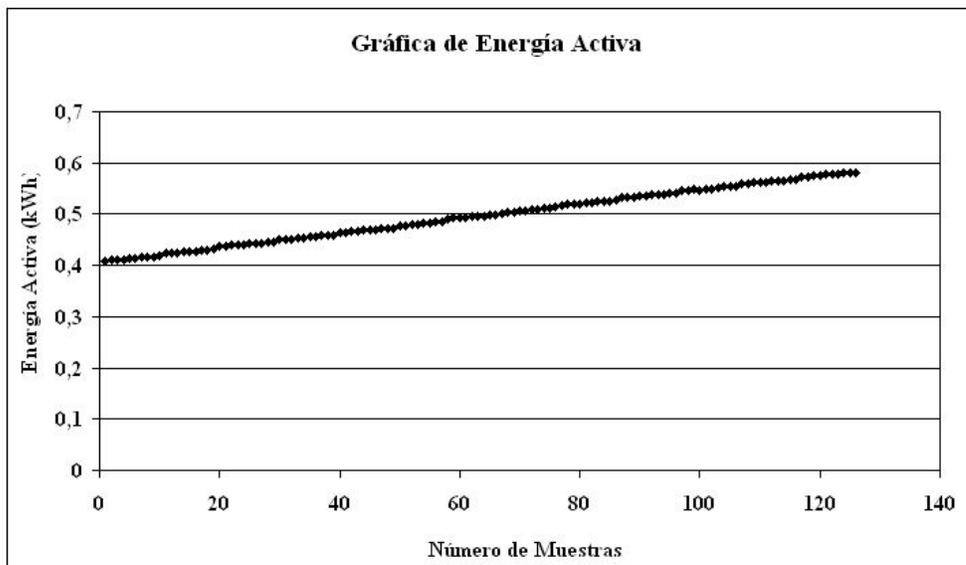


Figura 12. Gráfica de la energía activa de los datos recibidos

CONCLUSIONES

Los sistemas automatizados de mediciones tienen una gran importancia en todos los procesos y su implementación para la adquisición de los parámetros de campo representa un ahorro significativo.

El protocolo Modbus es un estándar de fácil implementación,

rápido y eficiente. Sin embargo, se observó que no es práctico para los lugares en donde los contadores monofásicos de energía eléctrica se encuentran muy separados.

El almacenamiento de los datos en el equipo está garantizado para un período de tiempo promedio de 120 días, ya que la memoria implementada es de 256Mb, sin

embargo, esto puede mejorar, colocándose una memoria de más capacidad, hasta un máximo de 2Gb (restricción dada por parámetros de programación).

Aunque el módulo G24 posee altas prestaciones y es tecnología de punta en redes GSM, no presenta bidireccionalidad (no es una especificación común en este tipo de módulos embebidos), esto implica que solo él puede abrir un canal efectivo de comunicación, por lo tanto el equipo concentrador presentará limitaciones. Algunas de las ventajas de poder tener bidireccionalidad son las siguientes: poder cambiar la dirección IP al cual se conectará el sistema en modo remoto, cambiar los períodos de recolección y transmisión según la conveniencia de la empresa eléctrica, se puede implementar un protocolo tipo Modbus TCP/IP, esto daría robustez al sistema y además ayudaría con el control de tráfico de los diferentes concentradores que se conectan al servidor.

Utilizar un servicio APN (Access Point Name) público para la transmisión de datos hizo que se limitaran parámetros como tiempo de ejecución y cantidad de datos en la realización de las pruebas del equipo debido a que este servicio presentaba dificultades para mantener un canal dedicado. Por esta razón, debe realizarse un convenio con la empresa de telecomunicaciones que proveerá el servicio de GPRS, obtener un APN privado, con esto se disminuyen los costos de operación, se garantiza la seguridad y confiabilidad de los datos transmitidos.

El equipo está listo para ser sometido a pruebas de altas prestaciones en campo y está diseñado para poder tener la capacidad de escalabilidad, puede conectarse a futuro con un modelo OEM de Motorola más avanzado con solo realizar cambios en la programación.

La ejecución de estos sistemas en Venezuela es fundamental para evolucionar a redes de distribución eficientes, sea agua, electricidad o gas y que estos desarrollos puedan ser realizados por empresas nacionales, garantizando así su producción y soporte en el país es básico para el progreso tecnológico nacional.

REFERENCIAS

CHANDLER T. (2005). The Technology development the Automatic Meter and Monitoring System. Power Quality Inc. Power Quality Thailand. LTD. USA and Thailand. IEEE; p.p. 1-4

DAS V. (2009). Wireless Communication System for Energy Meter Reading. India. Advances in recent technologies

in Communication and Computing. IEEE; p.p. 1-4

KEHE V., XICOLIANG Z., YUANHONG W. AND YUAN X. (2010). Design and Implementation of Web Services based GPRS Automatic Meter Reading System. Beijing, China. 3er International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE). IEEE; p.p. 360-363.

LONG Z., LONG ZI., LI J., MA T., ZHENG Y. AND QIN Y. (2009). Automatic Meter Reading System based in G18 China. Module. International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics. IEEE; p.p. 1-4

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. (2004). Normas de Calidad del Servicio de Distribución de Electricidad. Caracas, Venezuela. Disponible en : http://www.corpoelec.gov.ve/sites/default/files/NCSD_cr.pdf. Consultada en 08/2012.

MMCA TECHNICAL COMMITTEE. (03/2003). The Multimedia Card System Summary Based On System Specification Version 3.31. Disponible en: <http://www.MMCA.org>. Consultada en 02/2007.

MODBUS-IDA. (06/2004). Modbus Application Protocol Specification V1.1a. Disponible en: <http://www.Modbus-IDA.org>. Consultada en 03/2007.

MODBUS-IDA. (02/2002). MODBUS over Serial Line. Specification & Implementation Guide V 1.0. Disponible en: <http://www.Modbus-IDA.org>. Consultada en 03/2007.

NAKANDAKARI J. (2008). Diseño de un Contador Electrónico de Energía Monofásico con Comunicación Ethernet. Tesis de Especialización no publicada, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

PRIMICANTA A., YUNUS Z., AND AWAN M. (2010). ZigBee-GSM Based Automatic Meter Reading System. Malaysia. IEEE; p.p. 1-5

SANDISK. (07/2001). MultiMediaCard Product Manual. Disponible en: <http://www.sandisk.com>. Consultada en 02/2007.

VENGANTI T. (2004). Outage management via powerline communication based automated meter reading systems. Tesis de Maestría. Universidad de Mississippi. Estados Unidos.

WU C., CHANG S. AND HUANG Y. (2004). Design of a Wireless ARM-Based Automatic Meter Reading and Control System. China. IEEE; p.p. 1-6

YUJIN L., LIWEI G., AND DEYI Z. (2010). On Remote Automatic Meter Reading System Based on GPRS Technology. Beijing, China. 29th Chinese Control Conference. IEEE; p.p. 5731-5733

ZAPATA J., VIDRIO G., GOMÉZ J. (2001). Medición de la energía eléctrica bajo esquemas de libre mercado Instituto de Investigaciones Eléctricas. México; pp. 29-36. Disponible en: Disponible en: <http://www.iie.org.mx/2001a/tendencias2.pdf>. Consultada en 12/2007.

ZUCCALA E. (2004). Análisis básico para una comunicación digital óptima. Nota de Aplicación. Módulo Motorola G20. Disponible en: http://www.electrocomponentes.com/Ingenieria/Módulos%20Celular%20Motorola/Notas%20de%20Aplicacion/APN_G20_002.pdf. Consultada en 2007.