

Sistemas de telemedición por SMS

GERMÁN DARÍO CASTELLANOS TACHE

Ingeniero electrónico de la Escuela Colombiana de Ingeniería (2004). Especialista en Telemática y Negocios por Internet de la Escuela Colombiana de Ingeniería (2006) con amplios conocimientos en telefonía móvil y comunicaciones digitales. Actualmente se desempeña como docente e investigador del área de Comunicaciones de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. gcastell@escuelaing.edu.co

CÉSAR ANDRÉS FORERO DÍAZ

Estudiante de ingeniería electrónica de la Escuela Colombiana de Ingeniería con énfasis en el área de Telecomunicaciones. okter@hotmail.com

ALEXIS GÓMEZ VELÁSQUEZ

Estudiante de ingeniería electrónica de la Escuela Colombiana de Ingeniería con énfasis en el área de Telecomunicaciones. alexisgomez60@hotmail.com

Artículo recibido: 14/03/2007
Evaluación: 19/06/2007
Aprobado: 18/04/2008

Resumen

Este proyecto busca crear un enlace entre el usuario y un medio por controlar, aprovechando los medios de comunicación de uso común, por ejemplo los sistemas celulares de última generación, y dedicando una aplicación capaz de leer y manipular cualquier medio que se desee en el campo industrial y del hogar, empleando la tecnología de los mensajes de texto con el fin de controlar una variable en tiempo real a un costo bajo en comparación con los sistemas implementados actualmente .

Palabras clave: SMS, telemedición, J2ME, telefonía móvil, mensajería de texto.

Abstract

This project searches a way to interconnect users and a measurement system via last generation mobile networks and it SMS service using a proprietary application in the mobile phone that it is able to measure and control a variable in a remote way, for home or industrial problems. It also proposes a control system for using a configuration in communication real time at lower cost of implementation.

Key words: SMS, mobile services, text messaging, J2ME.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la telefonía celular ha tenido una rápida evolución, debido a la conveniencia en sus servicios, diseño y funcionalidad, así como una amplia variedad de alternativas: el envío de mensajes SMS y MMS, el acceso a Internet WAP y cámaras fotográficas, entre otras. El teléfono móvil se convirtió en un elemento de vital importancia para la vida cotidiana, en especial para aplicaciones industriales. Ante esta nueva realidad, comenzaron a explorarse las bondades de las redes de telefonía móvil, desde las cuales se pueden implementar programas de control a variables industriales en diversos ambientes por medio de dispositivos programables.

Desde esta perspectiva, en el presente artículo se recogen las experiencias del trabajo de grado Desarrollo de sistemas de telemedición por SMS, ejecutado en la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, donde se desarrolló un sistema de comunicación entre una terminal fija celular y un teléfono móvil con el fin de monitorear y controlar variables específicas como temperatura y nivel. Se utilizó un software creado por los autores. Finalmente se presenta el prototipo que validó la posibi-

lidad de la implementación del sistema y la interoperabilidad del mismo.

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Existe una serie de aspectos teóricos que soportan la amplia gama de aplicaciones desarrolladas para sistemas de telemedición. No obstante, es importante aclarar conceptos básicos para el uso de mensajería de texto y prototipos de medición a distancia, así como programas que soportan el desarrollo e integración de los mismos. La utilización de estos sistemas está enfocada a que el usuario pueda interactuar a través de su celular en el manejo y control de diferentes entornos tanto para su lectura como para su manipulación, empleando medios inalámbricos e interfaces de última generación.

Redes móviles

Las redes móviles implementadas en Latinoamérica para mediados de 2006 se basan, en su gran mayoría, cerca del 90%, en sistemas *Global System for Mobile – GSM–* y sus evoluciones *General Packet Radio Service –GPRS–* y *Enhanced Data Rates for GSM Evolution*

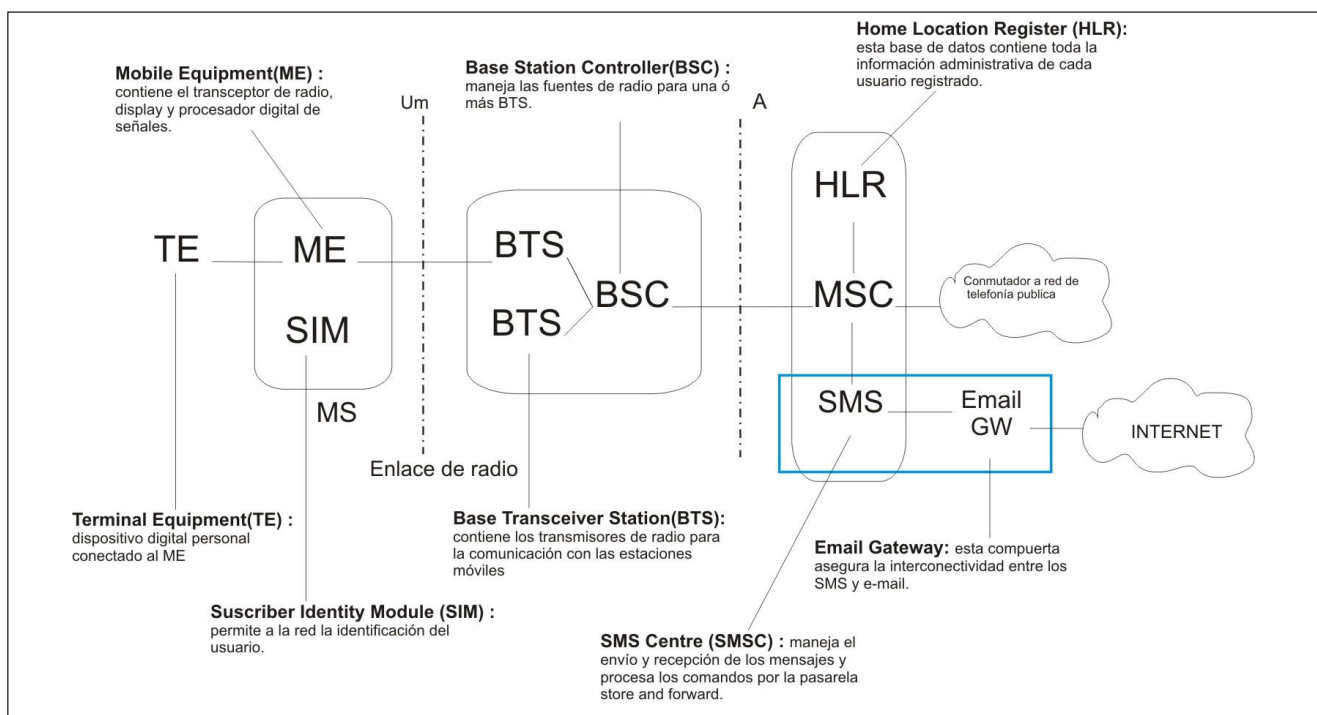


Figura 1. Arquitectura de una red móvil.

–EDGE¹– de tal forma que la arquitectura típica de una red GSM es objeto de estudio y revisión para el servicio de mensajería de texto.

Esta, desde un punto de vista simplificado, se puede dividir en tres componentes o etapas (figura 1). La primera está compuesta por el dispositivo móvil que porta el usuario, integrado por un identificador de red que se encuentra en la tarjeta *Subscriber Identity Module* –SIM– y los sistemas de radiotransmisión y recepción.

En la segunda se encuentra la red de acceso. Está conformada por varias *Base Transceiver Station* –BTS–, que contienen los radiotransmisores y receptores para comunicarse con los equipos móviles. Cada BTS está controlada por un *Base Station Controller* –BSC– que se encarga de manejar los recursos entre estaciones.

En la tercera etapa se halla el *Short Message Service Center* –SMSC–, entidad lógica encargada del control y direccionamiento de los mensajes de texto. En su interior se encuentran las variables de control de tiempo y disponibilidad del usuario remitente. Toda esta información llega al *Mobile Switching Centre* –MSC–, que se encarga de registro, actualización y tarificación de los usuarios, así como de la comunicación con las redes externas. Estas redes pueden ser de dos tipos: la red de datos de otro operador o la red de datos de Internet.

SMS

El *Short Message Service* –SMS– es un servicio de las redes de telefonía móvil, mediante el cual se pueden enviar mensajes de texto utilizando el terminal móvil o teléfono. Existen dos posibles modos para este servicio: modo *Protocol Data Unit* –PDU– y modo texto; este último funciona a partir de los símbolos soportados en el código ASCII. La escritura en este es la usual: carácter por carácter en un idioma específico.

Estructura general PDU

Para el manejo de mensajería sobre modo PDU existen tres tipos de mensajes:

- SMS COMMAND: envía comandos desde el terminal móvil a la SMSC.
- SMS SUBMIT: es el PDU generado cuando un usuario envía un SMS.
- SMS DELIVER: es el PDU generado cuando llega un SMS al usuario.

La estructura de las tramas usadas en los SMS Delivery y SMS Submit se muestra en la figura 2. En cada una de estas tramas existe el Byte de tipo PDU (PDU Type) mostrado en la figura 3, donde se configura y se controla el mensaje, su tipo y algunas características de control.

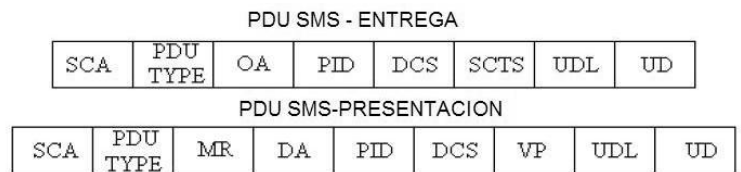


Figura 2. Tramas PDU Delivery (Entrega) y Submit (Presentación).

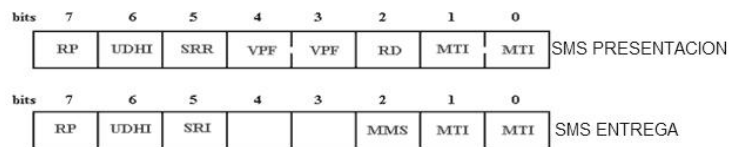


Figura 3. Byte PDU.

Conversión 7 a 8

En el modo PDU, la terminal móvil se encarga de la codificación, que además de llevar los caracteres del mensaje, lleva la información propia del mensaje y campos especiales para funciones de control por parte de la red. La codificación consta de una conversión del carácter de 7 a 8 bits, ampliando el tamaño del mensaje de 140 a 160 caracteres. Esto se logra tomando el código de cada carácter de la tabla ASCII en 7 bits y concatenándolo con el bit más significativo del siguiente hasta obtener 8 bits; luego, se convierte en un número hexadecimal. De esta manera, el mensaje está listo para enviarlo.

1. Informe sectorial de Telecomunicaciones. Julio 2006. No 7. CRT.



Fuente: curso SMS y MMS 2006.

Figura 4. Codificación de un mensaje en modo PDU con codificación de 7 a 8.

Java y J2ME

Java es un lenguaje de programación orientado a objetos, cuya virtud es ser compilado e interpretado de forma simultánea. También ofrece diseño multiplataforma que permite emplear este programa en diversos sistemas operativos. Además, la plataforma *Java 2 Micro Edition* -J2ME- es una familia de especificaciones que definen una versión minimizada de la plataforma Java 2. Esta puede utilizarse para programar dispositivos electrónicos móviles; por ejemplo, teléfonos celulares, *Personal Digital Assistant* -PDA-, entre otros. Estos dispositivos tienen en común que no disponen de abundante memoria ni mucha potencia en el procesamiento, ni necesitan todo el soporte que brinda el *Java 2 Standard Edition* -J2SE².

Las tecnologías J2ME contienen un *Java Runtime Environment* -JRE³ altamente optimizado, por lo cual

2. J2SE es la plataforma estándar de Java usada en sistemas de escritorio y servidor.
3. JRE (Entorno de ejecución de Java) es ejecutado por las aplicaciones desarrolladas en Java, este ambiente es el que convierte a Java en un lenguaje multiplataforma.

abarcan una amplia gama de dispositivos de tamaño muy reducido que permiten ejecutar programas de seguridad, conectividad y utilidades en tarjetas inteligentes, buscapersonas, sintonizadores de TV y otros pequeños electrodomésticos. Este tipo de tecnologías representan únicamente una parte de la gama de productos de software de Java.

LA PROPUESTA

Se propone un proyecto que desarrolla una aplicación capaz de realizar mediciones de variables técnicas de forma remota y monitorearlas con el fin de efectuar cambios sobre ellas y desarrollar cálculos para analizarlas posteriormente. Por tanto, se busca dar solución a problemas de comunicación y control a través de mensajería de texto basada en sistemas celulares en regiones de pocos recursos técnicos; así aumenta la productividad y eficiencia de los usuarios del sector, mediante un sistema económico, versátil y adaptable. Este proyecto explora también un área poco trabajada en el país, la cual brinda amplias posibilidades en el desarrollo de aplicaciones a la medida de los clientes.

El diseño del proyecto cuenta con seis partes bien definidas, las cuales tienen una función particular para poner en marcha el sistema completo.

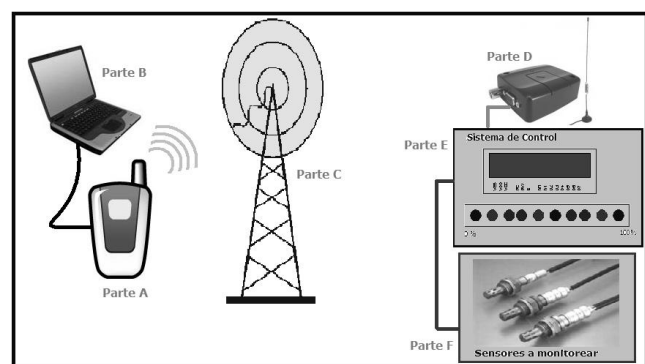


Figura 5. Sistema propuesto.

Parte A: aplicación en el móvil

En vista de la necesidad de desarrollar una aplicación liviana para celulares, se buscó una plataforma basada en JAVA para aplicaciones de alto nivel, como

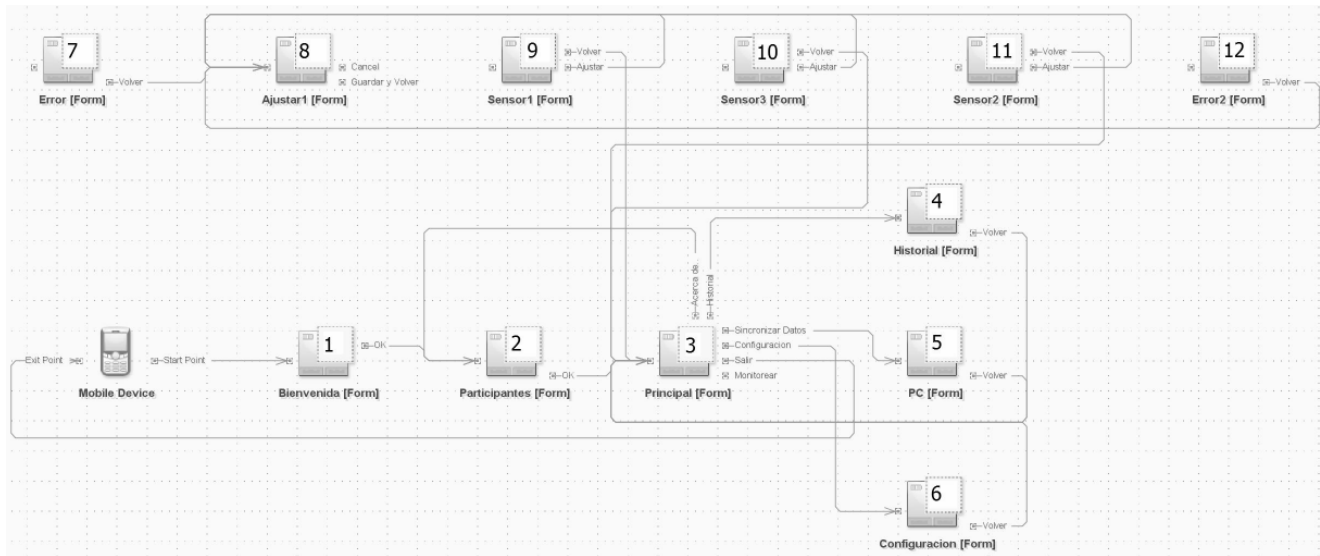


Figura 6. Diagrama de la aplicación.

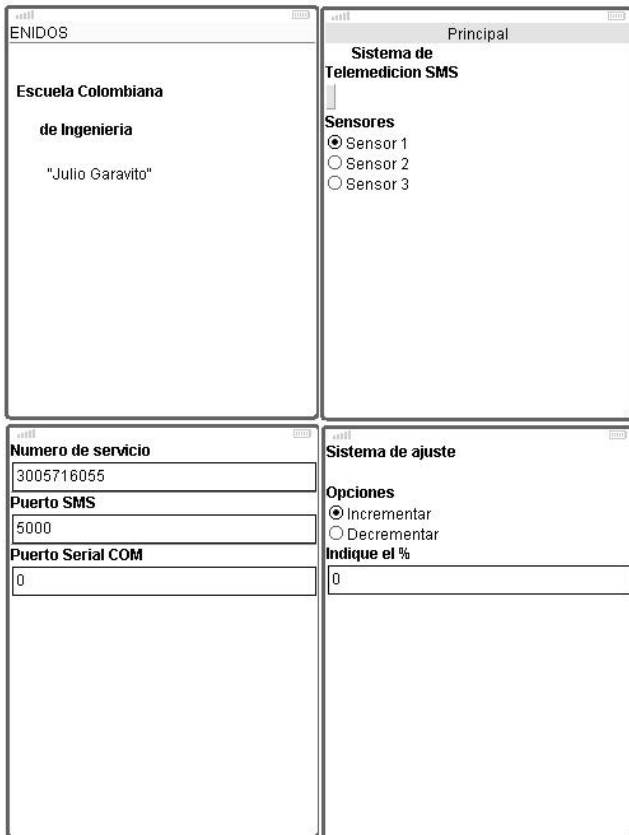


Figura 7. Presentación de la HMI en el móvil.

Netbeans⁴, la cual dispone de un programa amigable, de fácil manejo, versátil, seguro y que cumple los requerimientos de control, así como de intercambio de datos full duplex entre el Módem y el celular, para enviar y recibir datos por sistema SMS.

Parte B: interfaz computador-celular

El programa computacional permite al usuario transferir los datos desde el celular al computador, que los recibe a través de un programa desarrollado en Java que provee una *Human Machine Interface* –HMI– mucho más agradable y es capaz de guardar los datos en un archivo separado por comas, dando la posibilidad de tener el historial de control por medio de una base de datos con los registros obtenidos en la terminal portátil.

El programa consta de funciones básicas para interactuar con el usuario (figura 8) usando el protocolo de transmisión de datos RS232.

- *Guardar*: esta función es la encargada de guardar los datos en un archivo separado por comas, para ser analizados con más detenimiento.

4. Netbeans: se refiere a una plataforma para el desarrollo de aplicaciones de escritorio usando Java y a un Entorno integrado de desarrollo (IDE).

- *Sincronización*: envía una petición al celular para la recepción de datos del mismo y poder actualizarlos.

Parte C: la red celular

Una red de telefonía celular está formada por celdas de radio, cada una con su propio transmisor y receptor. Este componente provee el medio físico de transmisión para enviar los datos entre la terminal móvil y el módem de control. Este servicio es prestado por cualquiera de los tres operadores de telefonía móvil del país que proveen el servicio de mensajería de texto. Para este fin se debe contar con los contratos adecuados con el operador de telefonía, ya que cada envío de mensaje debe ser cobrado. El costo varía dependiendo del tipo de contrato.

Un aspecto importante que debe revisarse en el diseño es el uso de varias redes, ya que como se aclaró en la arquitectura, cada red móvil tiene un SMSC diferente, y en algunos casos estos no son compatibles del todo. Por tanto, como criterio de diseño es importante usar terminales móviles de un mismo operador para

aumentar las características de interoperabilidad y disminuir los problemas de falta de estandarización, así como conocer a fondo el tipo de SMSC que posee dicho operador.

Parte D: el módem celular

Se debe usar un módem con capacidad para el manejo de datos en una red GSM, preferiblemente con características GPRS y EDGE. Se escogió el Sony-Ericsson GT48, que contiene una serie de características descritas en la tabla 1.

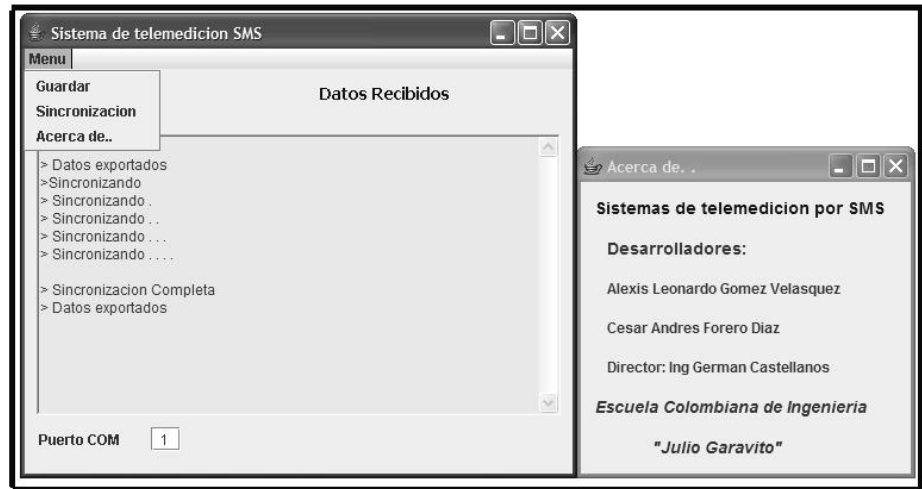


Figura 8. Interfaz HMI en el Desktop.

Tabla 1
Características del módem utilizado

Ítem	Característica
Sistema de radio	Doble banda EGSM 850/1900 MHZ GSM fase 2+ 2Watts sobre antena (850MHz)
Conectividad	Alimentación entre 5Vdc y 32Vdc Antena de 50 Ohm Internas de audio a auricular. RS232 completo (9 signal) 1 Puerto análogo (ADC a 8 bits) 2 Entradas digitales 2 Salidas digitales
Características GPRS	GSM / GPRS Glase 8 (hasta 85.6kbps) Codificación de cadenas CS1 – CS4
Características SMS	Modo Texto Modo PDU Cell Broadcast Concatenación hasta de 6 mensajes
Protocolos	TCP/IP y UDP/IP integrado Acceso al protocolo vía comandos AT Modo dedicado.
Otros servicios	Voz, fax, identificador de llamadas, transferencia y manejo de llamada, Manejo automático de memoria interna y de SIM Aplicaciones SIM clase 2

El módem GSM recibe la información a través del servicio de SMS de igual forma que se recibe el mensaje de texto en cualquier móvil. En este punto, el módem se programa para la recepción de los mensajes en memoria, ya sea la memoria interna del módem o la memoria disponible en la tarjeta SIM⁵. Esta programación del dispositivo se logra por medio de comandos AT.

Dicho lenguaje permite la comunicación entre el sistema de control y el módem, controlando funciones como hacer llamadas, envío de mensajes SMS o MMS, servicio de Internet y manejo de contactos, entre otros. En un computador, estos comandos AT se usan desde una aplicación para controlar e implementar funciones con el módulo. Estos comandos pueden realizar las funciones siguientes:

- Control del DCE
- GPRS
- Control de llamadas
- Servicios suplementarios
- Aplicación de herramientas SIM

El estándar AT es una línea orientada a lenguaje de comando; cada comando está hecho para los siguientes tres elementos: prefijo, cuerpo y carácter de terminación. El prefijo consta de las letras AT, y el cuerpo está formado por el comando, el parámetro y, si aplica, valores asociados

La sintaxis básica de los comandos es:

- $AT<comando>[=[<parámetro>]]<CR>$

La sintaxis del comando de lectura. Los comandos de lectura se usan para revisar el valor actual de los parámetros. Se debe ingresar '?' después de la línea de comando.

- $AT+<comando>?$
- $AT*<comando>?$
- $AT<comando>?$

5. El módem Sony-Ericsson GT48 tiene una memoria interna para un máximo de 40 mensajes de texto. La capacidad en las memorias SIM varía: 32KB almacenan aproximadamente 20 mensajes.

Para el desarrollo de la aplicación, se prefirió usar la memoria interna del dispositivo. A medida que se procesa la información, se borra el mensaje con el fin que el estado stand by del prototipo permanezca activo gracias a la memoria vacía. El módem cuenta con una conexión serial de tipo RS232 con capacidad para una doble conexión a través del mismo puerto serial. Para manejar el módem se realizó la comunicación con el PIC 16F877A por medio del módulo USART del microcontrolador.



Fuente: <http://www.sonyericsson.com/>.

Figura 9. Módem Sony-Ericsson GT48.

Parte E: sistema de control e interfaz con el módem

Con este sistema se busca una interfaz entre el microcontrolador y el módem, que sea capaz de enviar y recibir datos a través de comandos AT, así como de interpretar los mensajes recibidos por el módem y tener lectura de ciertos sensores externos, dependiendo de la aplicación que se desee implementar.

Para la implementación del sistema de control se usó un microcontrolador de microchip 16F877A que emplea una comunicación RS232, encargada de monitorear los sensores, mostrar mensajes en una pantalla LCD, enviar los comandos al módem tanto de inicialización como de envío de mensajes, leer los mensajes recibidos del mismo y finalmente poner en marcha las órdenes enviadas al sistema con el fin de controlar las variables observadas.

Parte F: los sensores

El sistema que se consideró monitorear es un conjunto de sensores del acueducto, debido a la inminente necesidad de control de los diferentes dispositivos, por ejemplo, sistemas de válvulas y bombas de presión, temperatura, flujo, sin olvidar las diferentes señales a supervisión, con sus respectivos comandos, que permiten el manejo y observación de componentes que requieren una atención inmediata en caso de una falla total.

EL PROTOTIPO Y SUS RESULTADOS

A partir del sistema diseñado se implementaron varias de las partes del sistema, como las aplicaciones en el móvil y el sistema de control. Otras, como la red móvil y el módem GSM, fueron usadas, y el resto, como la interfaz con el computador y la instrumentación de sensores, fueron simuladas.

Parte A. La aplicación en el móvil fue diseñada para una amplia serie de teléfonos. Los dispositivos Nokia de la serie 61XX fueron capaces de correr la aplicación mas no cumplieron los requerimientos del envío a los puertos seleccionados. Otros teléfonos probados fueron el Motorola ROKR E1 y el Sony Ericsson W600, en los que la interfaz gráfica y el manejo de puertos de acceso a la aplicación de mensajería escogida funcionaron de la manera diseñada, aunque surgieron algunas inconsistencias debido a la falta de estandarización de J2ME por los fabricantes de teléfonos móviles.

Parte B. La interfaz entre el computador y el teléfono móvil fue creada de acuerdo con el diseño propuesto; sin embargo, debido a la falta de estandarización de los teléfonos utilizados y de los protocolos propietarios de comunicaciones entre el terminal y el computador, fue imposible realizar dicha comunicación. Es importante reconocer que los puertos empleados para dicha comunicación serial son propietarios, y diferentes para cada teléfono, lo cual no permitió implementarlos en el prototipo.

Parte C. En el sistema se utilizaron dos redes móviles celulares: la red de Movistar y la red de Tigo. Sobre dichas redes se logró conectividad completa del sistema, así como buenos tiempos de respuesta. A través de la red de Comcel, no se pudo realizar toda la comunicación esperada, ya que no hubo una transmisión de mensajes óptima. Se asume que se debe a un

problema de configuración del SMSC de Comcel, pues no se tuvo una información puntual en las redes multienlace de este operador.

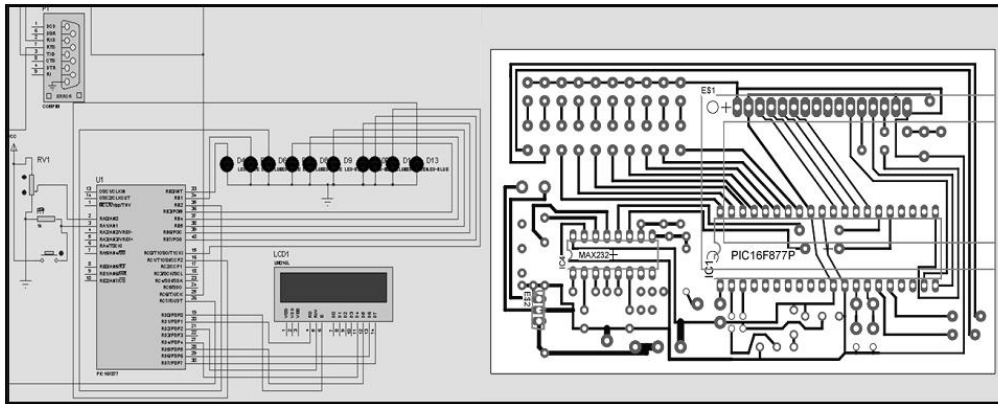
Además de las pruebas en una sola red, se realizaron pruebas entre las redes con el fin de validar la posibilidad de implantar dicho sistema independiente de un operador; sin embargo, los resultados no fueron los mejores debido a los problemas de Offnetting⁶.

Parte D. El módem Sony-Ericsson GT48 presentó algunos inconvenientes en la configuración debido a la dificultad para enviar mensajes en modo PDU; por tanto, en la codificación realizada, el máximo número de caracteres que se pueden enviar es 140, y no 160 como en la codificación 7 a 8. En consecuencia, no se tenía seguridad del mensaje codificado tanto en la parte de control como en la información del mismo. Debido a esto se consideró un poco lento usar el modo PDU y se decidió usar sólo el modo texto. Otro problema que surgió con este módem fue el no poder programar un puerto deseado para la recepción de los mensajes, ni para su envío en dicho puerto, ya que el manejo de puertos permite la versatilidad de manejar múltiples aplicaciones o múltiples usuarios y tener un control de los mismos.

Parte E. El sistema de control cuenta con una pantalla LCD para crear un ambiente amigable con el usuario y una barra de leds que muestra el porcentaje de crecimiento o decrecimiento de algunos de los elementos que se miden. También permite enviar de forma manual a un usuario remoto, previamente definido, la lectura de cualquiera de los sensores en caso de que se necesite.

Para la implementación del sistema de control, se usó un microcontrolador Microchip 16F877A, que se encarga de monitorear los sensores, mostrar mensajes por una pantalla LCD, enviar los comandos AT al módem tanto de inicialización como de envío de mensajes, y leer los mensajes recibidos del mismo.

6. Término que se da a los servicios realizados en diferentes redes de diferentes operadores, donde la estandarización es limitada y los convenios interempresariales forman parte del servicio.



Fuente: Alexis Gómez V. y César Forero.

Figura 10. Diagrama y baquela de control.

Parte F. Los sensores del prototipo fueron simulados en el sistema de control a través de divisores de voltaje, que simulaban los niveles de los sensores del acueducto, así como controles on/off.

RESULTADOS

Dentro del desempeño total del sistema diseñado, los resultados obtenidos fueron satisfactorios, aun con los inconvenientes presentados a lo largo del proyecto, los cuales se solucionaron en su gran mayoría; sin embargo, hubo otros que no pudieron solucionarse, entre ellos la creación de una aplicación Java enfocada al computador que generaría una interfaz, entre el celular y el computador, ya que no se pudo acceder a los puertos seriales del mismo con el programador Netbeans. Para resolver este problema, se recurrió a JCreator, de un nivel más bajo, que permite acceder al puerto serial de forma más sencilla. Al intentar establecer la conexión entre el celular y el computador se dedujo que, debido a las diferentes marcas de celulares y la falta de una estandarización, es prácticamente imposible lograr una comunicación exitosa por vía serial.

En cuanto al envío de mensajes de texto, se encontraron varias formas de hacerlo. Una de ellas fue el modo PDU, que permite una manipulación de los datos que se envían, controlando diferentes aspectos del mensaje, como tiempos, retardos, confirmaciones, entre otros. Sin embargo, presenta el inconveniente de la codificación de bits, bastante laboriosa y difícil de implementar en el microcontrolador. Después de un análisis exhaustivo, se determinó que para el proyecto era irrelevante

el manejo de todos estas herramientas; por consiguiente se usó el modo de texto, donde se implementó un protocolo de alto nivel para entender los tipos de mensajes de lectura de variable, así como de control de variable.

Cuando se empezó a desarrollar el programa para el microcontrolador que ejecutaría comandos AT con el

módem no se encontraron problemas con el envío, pero sí con la recepción de las respuestas generadas del módem hacia el microcontrolador, ya que se desconocía que el módem en su configuración RS232 usa el pin RTS (Request To Send, Petición de envío), la señal que indica que el DTE desea enviar datos al DCE (ninguna otra línea está disponible para la dirección opuesta, de aquí en adelante el DTE debe estar siempre listo para aceptar datos). En operación normal, la línea de RTS estará OFF (1 lógico o Marca). Una vez que el DTE tiene los datos para enviar, y han determinado que el canal no está ocupado, colocará RTS a ON (0 lógico o Espacio) y esperará un estado ON en el CTS desde el DCE, al tiempo que puede comenzar a enviar. Una vez que el DTE culminó el envío vuelve a fijar RTS a OFF

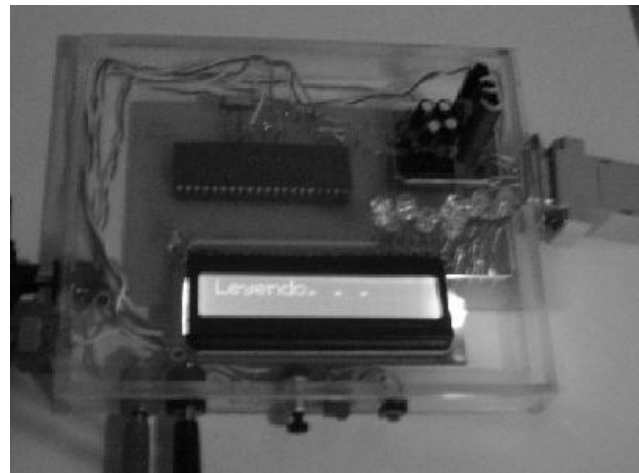


Figura 11. Sistema de Control realizado.

(1 lógico o MARCA). Para solucionar este inconveniente se puso un 1 lógico el pin 7 para que el módem pudiera transmitir.

Como el PIC tiene limitaciones al recibir un arreglo de caracteres, debido a su poca memoria, cuando se necesitaba leer un mensaje recibido, el PIC se quedaba corto. En consecuencia, se inicializa el arreglo de caracteres en una variable negativa, ya que no interesa todo el mensaje (datos como fecha, número y hora de envío). Así pueden aprovechar más los caracteres recibidos.

Teniendo en cuenta la gran variedad de módems encontrados en el mercado, se presentó un inconveniente: debido a la referencia, no se tenía la funcionalidad esperada en todos los comandos AT incorporados para su utilización. Por tanto no hubo una comunicación *full duplex* completa.

El tiempo de trabajo de los sistemas de telefonía celular con respecto al envío y la entrega de mensajes SMS en redes ideales es casi tiempo real; sin embargo, varía dependiendo del uso de la red del mismo operador o de multirredes, pues puede presentar ciertas demoras y retardos en la entrega de mensajes. A continuación se presenta una tabla donde se aproximan los tiempos máximos de demora.

Tabla 2
Tiempos de respuesta del sistema entre operadores

Emisora / Receptora	Tigo	Comcel	Movistar
Tigo	0-2 s	0-15 s	0-10 s
Comcel	0-10 s	0-2 s	0-10 s
Movistar	0-5 s	0-10 s	0-2 s

Después de lograr el envío se presentó un problema, pues el módem no muestra una alerta visible de haber recibido un mensaje de texto, sino que acelera por unos segundos el parpadeo del LED y luego continúa su rutina normal. Por tanto, no se sabía dónde quedaba almacenado el mensaje recibido. Luego se aprendió a cambiar la memoria de almacenamiento para poder leer los mensajes en memoria del dispositivo o en la tarjeta SIM.

CONCLUSIONES

- La telefonía móvil tiene una amplia gama de aplicaciones por explorar, bien sea en el sector industrial o en el sector de hogares.
- Para desarrollar aplicaciones sobre la plataforma de SMS, es importante conocer cómo se encuentran organizados los datos. Se pueden llevar a cabo acciones de control y establecer políticas de seguridad. Otro aspecto no menos importante es el conocimiento del hardware de los terminales para lograr la integración total del sistema y su funcionamiento óptimo. Esto permite generar aplicaciones con excelente desempeño.
- La implementación de diferentes técnicas de transmisión de datos permite controlar diferentes entornos, aunque no siempre la técnica más rápida o más compleja es la más adecuada. Para juzgar esto, se debe tener en cuenta el tipo de aplicación que se va a desarrollar, ya que por costos y versatilidad es mejor escoger una con mejor rendimiento y que se adapte con más facilidad a las necesidades del usuario.
- Se debe utilizar un módem que tenga todas las funciones de los comandos AT. El crear una interfaz de fácil manejo para el usuario puede resultar bastante tedioso y prolongado, pero esta debe realizarse a satisfacción para que el usuario tenga fácil y rápido acceso a la información que se transmitirá.
- Se debe tener en cuenta que el sistema de control diseñado necesita un circuito adecuador que lo haga compatible; así sus mediciones serán enviadas en forma entendible para el usuario.
- Para una próxima implementación se debe escoger un microcontrolador de más capacidad.
- Teniendo en cuenta las complicaciones geográficas que se presentan en nuestro territorio y el difícil acceso de tecnologías de punta para todos los lugares, son imperativos el ingenio y la implementación de tecnologías baratas y versátiles.

REFERENCIAS

- Developer Forums: Java Technology Forums Disponible en: <http://forum.java.sun.com/> [Consultado en Agosto de 2006]
 Forum Nokia Disponible en: <http://forum.nokia.com/> [Consultado en Septiembre de 2006]
 Froufe Quintas, A.; Cárdenas, P.J. J2ME. *Manual de usuario y tutorial*. Java 2 MICRO EDITION.

Informe Sectorial de Telecomunicaciones, Julio 2006, No 7. Comisión de Regulación de Telecomunicaciones. Republica de Colombia.

JAVA 2. *Manual de usuario y tutorial*, 4ª Edición actualizada a la versión J2SE 5. FROUFE, A. (Ra-ma)

Java en castellano. Programación de juegos para móviles con J2ME Disponible en: http://www.programacion.com/java/tutorial/ags_j2me/. [Consultado en Octubre de 2006]

Mobile / J2ME Programming. Disponible en: <http://java.about.com/od/mobilej2meprogramming/>

Mobile_J2ME_Programming.htm. [Consultado en Agosto de 2006]

Mobile P2P messaging Disponible en: <http://www-128.ibm.com/developerworks/wireless/library/wi-p2pmsg/>. [Consultado en Noviembre de 2006]

Sony Ericsson. Disponible en: www.sonyericsson.com [Consultado en Noviembre de 2006]

Tutorial de Java. Disponible en: http://www.itapizaco.edu.mx/paginas/Java_Tut/froufe/index.html. [Consultado en Noviembre de 2006]