

SISTEMA DE LOCALIZACIÓN DE VEHÍCULOS POR MEDIO DE GPS Y LA RED DE TELEFONÍA CELULAR

Juan Carlos Valencia Ruiz¹
Ing. Pablo Hidalgo
Escuela Politécnica Nacional
Quito-Ecuador

Resumen

El presente trabajo contiene una descripción general de un sistema que permite determinar de manera remota la posición geográfica de un vehículo, con el uso de tecnología de posicionamiento global por satélite (GPS) y como medio de transmisión de los datos de posición la red de telefonía celular. Dentro de esta descripción general se incluyen aspectos generales del diseño del hardware y el software de una tarjeta microprocesada que sirve como interfaz entre el equipo receptor GPS, un teléfono celular y un modem telefónico para PC.

Este sistema puede tener diversas aplicaciones, sin embargo ha sido diseñado originalmente para tener un uso específico en localización de vehículos robados.

Abstract

The present document contains a general description of a system which allows to establish remotely the geographic position of a vehicle using the Global Positioning System (GPS) technology and the cellular telephony network as the positioning data transmission channel. Furthermore, it contains the general criteria of the hardware and software design of a microcontroller-based card which is used as an interface among the GPS receiver, a cellular telephone, and a PC modem.

This system can be used in several applications, however, it has been originally designed to operate as a tracking system of stolen cars.

1. Introducción

Los sistemas de localización (tracking) de vehículos no son nuevos. En países industrializados como Estados Unidos o los países europeos ya se utilizan sistemas de rastreo satelital para una gran cantidad de aplicaciones.

En Ecuador, los sistemas de rastreo vía satélite ya existen pero no tienen una gran penetración en el mercado debido fundamentalmente a su alto costo. Los

sistemas disponibles en nuestro país se enfocan fundamentalmente al rastreo y recuperación de vehículos robados. Y es que el robo de vehículos en Ecuador ha tomado características alarmantes. Para el año de 1997 los reportes policiales dan cuenta de que solo en la ciudad de Quito se roban en promedio de 4 a 5 vehículos diarios, con una efectividad de recuperación de los mismos que está entre el 30 y 40%. Los vehículos no recuperados salen del país o simplemente son desarmados en talleres clandestinos dentro o fuera de la ciudad donde son robados.

Esto ha hecho que en los últimos años aparezcan en el mercado una gran cantidad de dispositivos electrónicos de seguridad de vehículos. La efectividad de estos dispositivos es relativa debido fundamentalmente a que protegen a los automotores de robos "pasivos", es decir, protegen en el caso de que el vehículo es robado cuando está parqueado. Sin embargo, la gran mayoría de dispositivos no protegen al automotor, y sobre todo, a la vida de los propietarios cuando el vehículo es robado por medio de un asalto (que desgraciadamente es un método muy utilizado en nuestro país).

La conveniencia de tener un sistema en el que el vehículo esté permanentemente monitoreado el momento en que se produce el robo del mismo es muy evidente. Por un lado se garantiza la recuperación del vehículo en prácticamente un 100%, y por otro se garantiza la integridad del propietario, pues este último no tiene ningún poder para desactivar el sistema como ocurre en los dispositivos de seguridad comunes.

2. Estructura

El sistema localizador (Figura 1) está compuesto por dos bloques:

- Bloque móvil: que consiste en todo el equipo que se va a instalar en el vehículo.
- Bloque fijo: que consiste en el equipo que se va a instalar en la estación de rastreo o estación de vigilancia.

¹Correspondencia a:
Juan Carlos Valencia Ruiz
cavt@uio.satnet.net

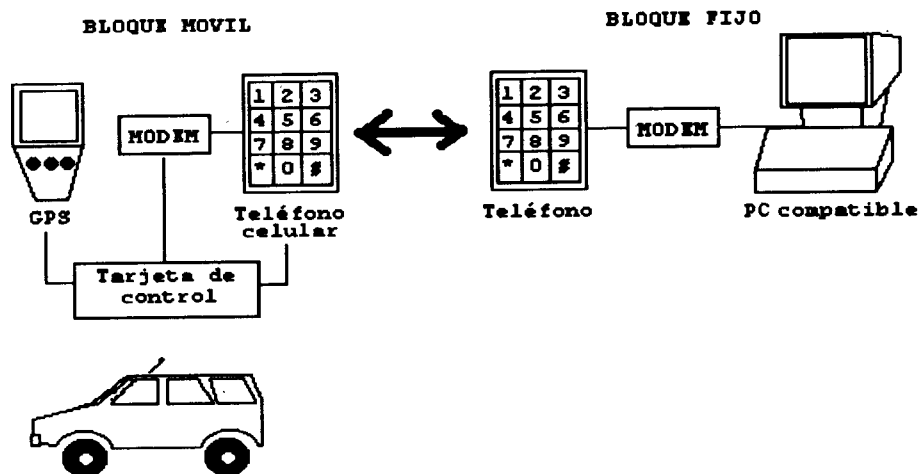


Figura 1. Esquema de la estructura del sistema de localización propuesto

El bloque móvil está compuesto por:

- Un receptor GPS.
- Un teléfono celular.
- Un módem telefónico para PC.
- Una tarjeta de interfaz y control entre el módem, el receptor GPS y el teléfono celular.

El bloque fijo está compuesto por:

- Un módem para PC.
- Un computador personal IBM compatible.

3. Hardware

En este trabajo se realiza el diseño de la tarjeta de interfaz y control mencionada entre los elementos del bloque móvil del sistema localizador.

Esta tarjeta se encarga de realizar de manera automática las siguientes funciones:

- Detectar y contestar las llamadas entrantes al teléfono celular.
- Realizar llamadas a un número específico con el teléfono celular.
- Transferir llamadas entrantes y salientes al módem instalado en el vehículo.
- Transferir datos del GPS al módem y viceversa.

Para realizar todas estas operaciones, la tarjeta utiliza un microcontrolador Intel 8051 al cual se conectan a modo de periféricos el resto de equipos que conforman el bloque móvil, utilizando los interfaces adecuados.

3.1. Interfaz con el teléfono celular

Para este trabajo se utiliza un teléfono celular UNIDEN CP1700, el cual es un equipo fijo con potencia de transmisión de 3W. Este equipo celular permite acceder con facilidad a varias señales de control del teléfono, de las cuales se tomaron las siguientes para el diseño del interfaz:

P.SW:

Esta es una señal que viene desde el teclado del celular, y que se encarga de sensar el estado del botón de encendido y apagado (PWR) del teléfono. Cuando el botón PWR del teclado no está presionado, esta señal presenta 0 VDC, mientras que cuando el botón PWR es presionado presenta 5 VDC.

GND:

Es la tierra de señal, común para todo el hardware del teléfono celular.

CRD:

Esta es una señal TTL que proviene del teclado del teléfono. Se encarga de enviar toda la información que identifica a cualquier botón que sea presionado en el teclado. Si no hay ninguna tecla presionada esta señal se mantiene en 5 VDC.

SPOUT:

Esta señal es la salida de audio del parlante del teléfono celular que se utiliza como "timbre". La señal de timbrado está compuesta por la suma de dos señales alternas con frecuencias de 941 Hz y 1477 Hz, y voltajes pico regulables por el usuario entre 2 V y 5 V. Esta señal es utilizada por la tarjeta de interfaz y control para detectar una llamada entrante en el celular.

- GND Au: Es la tierra de señal de audio del teléfono. Es común a la tierra de señal GND.
- HOOK: Esta es una señal TTL que se encarga de sensar el estado del auricular del teléfono. Si el auricular está colgado presenta 0 VDC, mientras que si el auricular está descolgado presenta 5 VDC.
- Rx: Es la salida de la señal de audio hacia el auricular del teléfono celular que en una conversación normal llega al oído de la persona.
- Tx: Es la entrada de la señal de audio desde el auricular hacia el teléfono celular. En una conversación normal es la señal de voz generada por la persona que está hablando.

Conexión Celular - Modem

La conexión entre el modem y el celular se realizó por medio de un circuito híbrido con transformador de audio. Esto se debe al hecho de que para la transmisión de datos no se utiliza un modem específicamente diseñado para equipos celulares, sino que se ha adaptado un modem telefónico para PC. Esta adaptación no es directa, ya que el teléfono celular es un equipo de 4 hilos, debido a que las señales de audio de entrada y salida se transmiten por canales independientes; mientras que el modem telefónico para PC es un equipo de 2 hilos, ya que las señales de audio utilizan el mismo canal de transmisión.

Detección y respuesta de llamadas entrantes

En una situación normal, cuando una llamada entra al celular, el canal SPOUT descrito anteriormente envía una señal de timbrado. Cuando el usuario del teléfono es alertado sobre la existencia de la llamada, levanta el auricular e inicia la conversación. Una vez que la conversación termina, el usuario simplemente cuelga el auricular y la comunicación finaliza. Recuérdese que cuando el auricular es levantado, la señal HOOK pasa a 5 VDC, mientras que cuando el auricular está colgado, la señal HOOK presenta 0 VDC.

Para la detección de la llamada entrante, se construyó un circuito de sensado de la señal SPOUT. Este circuito de sensado se verá con un poco más de profundidad más adelante. Por otro lado, para simular la operación de levantar y colgar el auricular, se ha asignado al puerto

P1.0 del microcontrolador como generador de la señal de HOOK del celular.

Realización de llamadas

Cuando un usuario del teléfono desea realizar una llamada, levanta el auricular, marca el número de teléfono al que desea llamar, e inicia la comunicación presionando la tecla SEND del celular. Una vez que la comunicación finaliza, el usuario simplemente cuelga el auricular.

Como se describió anteriormente, la señal CRD del teléfono se encarga de enviar la información hacia el procesador principal del mismo para identificar la o las teclas presionadas. Cada tecla genera un formato específico de la señal CRD. Por ejemplo, para la tecla SEND, la señal CRD tiene el formato indicado en la Figura 2.

En la tarjeta de interfaz y control, el proceso de levantar y colgar el auricular ya está asignado a la simulación de la señal HOOK por parte del puerto P1.0 del microcontrolador. El proceso de marcar el número y posteriormente presionar la tecla SEND del teléfono ha sido asignado a otra simulación (esta vez de la señal CRD) a través puerto P1.1 del microcontrolador.

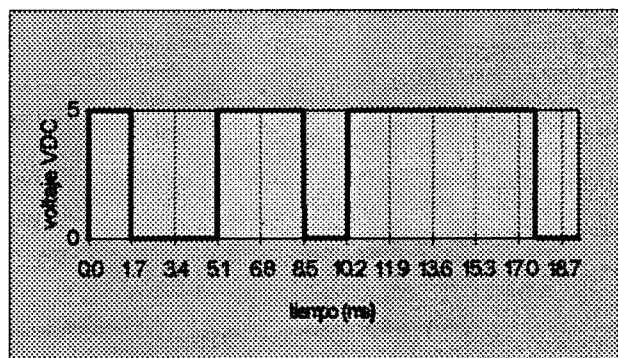


Figura 2. Formato de la señal CRD para la tecla SEND del teléfono celular

3.2. Detección de alarmas

Se define como *alarma* a una señal recibida por la tarjeta de interfaz y control, que inicia la operación de transferencia de datos de posición entre el bloque móvil y el bloque fijo del sistema localizador.

Para este sistema se han definido dos tipos de alarmas:

- ALARMA DE LLAMADA. Que se genera cuando el bloque fijo del sistema "llama" a la tarjeta de interfaz y control para iniciar la transferencia de datos de posición del vehículo.

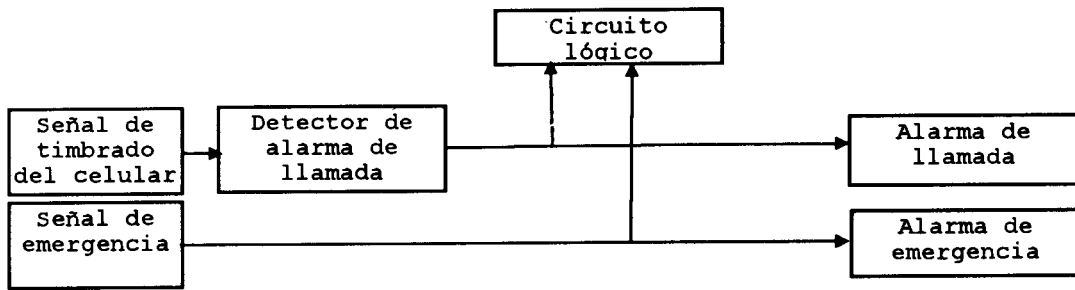


Figura 3. Diagrama de bloques del circuito detector de alarmas

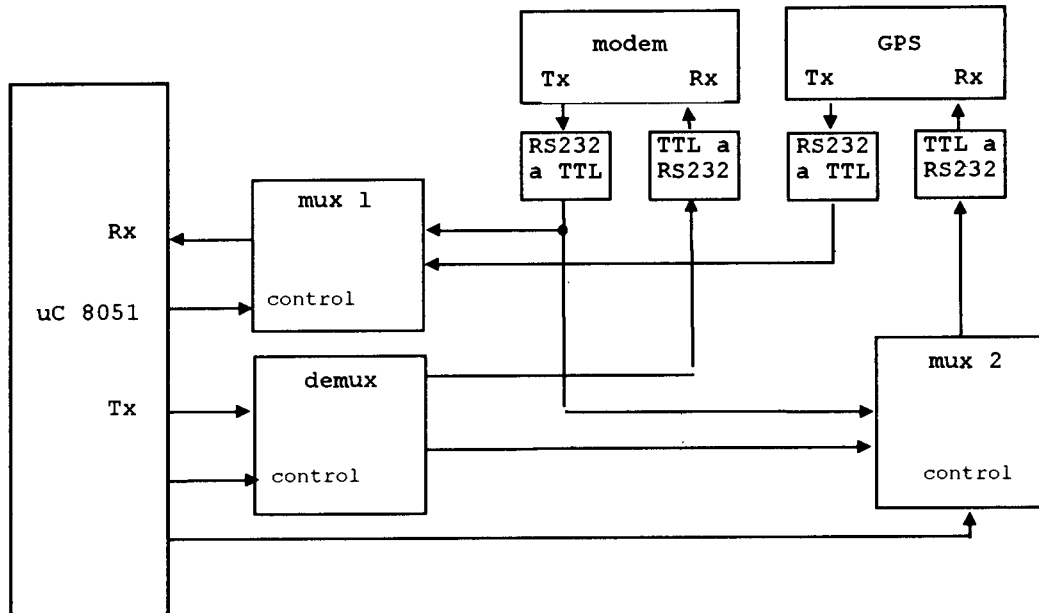


Figura 4. Diagrama de bloques del hardware de comunicaciones diseñado para la tarjeta de interfaz y control

ALARMA DE EMERGENCIA. Que se genera cuando el usuario del vehículo inicia una llamada hacia el bloque fijo del sistema para transferir los datos de posición. El nombre de esta alarma viene de la idea de dar al dueño del automotor la oportunidad de reportar de manera urgente un robo por asalto.

Alarma de llamada

La alarma de llamada se genera a partir del circuito de sensado de la señal SPOUT. Cuando se detecta una llamada entrante el circuito de sensado genera una señal de 5 VDC, mientras que cuando no se detecta el timbrado el circuito de sensado envía una señal de 0 VDC.

Alarma de emergencia

Esta alarma se genera cuando se presiona un pulsante (usualmente llamado "botón de pánico") generando un

voltaje de 5VDC. Cuando el pulsante no está presionado, el voltaje de salida será de 0 VDC y no habrá alarma.

Alarma detectada (AD)

La señal de alarma detectada (AD) es una señal TTL que se genera por la combinación booleana de las señales de alarma de llamada y alarma de emergencia. Cuando cualquiera de las dos alarmas definidas para este sistema se activan, la señal AD también se activa. Esta alarma, se envía hacia la interrupción externa 0 (INT 0) del microcontrolador para que la tarjeta de interfaz y control inicie la operación de rastreo del vehículo siempre que AD se active. En la Figura 3 se indica un diagrama de bloques del circuito de detección de alarmas.

Tabla 1. Formato del byte de memoria de tipo de alarma generada

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	A1 alarma de emergencia	A0 alarma de llamada

Lectura de alarmas

Una vez que una alarma se produce, ésta debe ser identificada completamente por la tarjeta de interfaz y control. Para hacer esto, las señales de alarma de llamada y alarma de emergencia se han convertido en bits de un byte de memoria RAM externa cuya dirección es XXX0H y cuyo formato está indicado en la Tabla 1. Para facilitar la adaptación de las alarmas a esta localidad de memoria se ha definido a la alarma de llamada como alarma 0 y a la alarma de emergencia como alarma 1.

3.3. Comunicaciones

La tarjeta de interfaz y control debe manejar los siguientes procesos de comunicación de datos:

- Recepción de datos desde el GPS.
- Envío de instrucciones hacia el GPS.
- Envío de comandos de control hacia el modem.
- Envío de datos hacia el modem.
- Recepción de datos desde el modem.

Se elaboró un diseño que permita realizar todas estas operaciones tomando en cuenta dos aspectos importantes:

- Solo se dispone de un puerto serial para transmisión y recepción de datos.
- El interfaz de datos del GPS y del modem utiliza niveles eléctricos dados por el estándar RS232, mientras que el interfaz de datos de la tarjeta de interfaz y control utiliza niveles TTL.

El microcontrolador puede recibir datos desde dos fuentes diferentes: el modem y el GPS. Como se puede ver en la Figura 4, las salidas de datos (Tx) tanto del GPS como del modem pasan por conversores RS232 a TTL y se conectan al multiplexor marcado como "mux 1". Este multiplexor se encargará de organizar el paso

de datos hacia el microcontrolador dependiendo de cual de las fuentes se requiere leer datos.

Por otro lado, el microcontrolador puede enviar datos a dos puntos distintos: el modem y el GPS. En la Figura 4, el demultiplexor marcado como "demux" reparte los datos a cualquiera de los puntos mencionados dependiendo de los requerimientos del microcontrolador. Nótese que la línea de datos del demultiplexor al modem no pasa a través de otro multiplexor como es el caso de la línea de datos desde el demultiplexor al GPS, que pasa primero por otro multiplexor denominado "mux 2". Esta "parada" de la línea de datos hacia el GPS se va a explicar más adelante. Dado que el demultiplexor va a trabajar con niveles TTL es necesario pasar los datos por conversores TTL a RS232 antes de entrar a los puntos denominados Rx en el modem o en el GPS.

La existencia del multiplexor "mux 2" se debe a que el sistema se diseña de tal manera que el GPS esté capacitado para recibir datos de dos maneras: directamente desde el modem o a través del microcontrolador. Esta opción será útil cuando se necesite configurar el GPS por medio de instrucciones, enviadas ya sea desde el terminal remoto o de manera automática desde el microcontrolador.

Control de comunicaciones

El control de los multiplexores "mux 1" y "mux 2" y del demultiplexor se lo realiza por medio de un byte de memoria RAM externa localizado en la dirección XXX1H cuyo formato se muestra en la Tabla 2.

En la Tabla 3 se muestran los diferentes modos de transferencia de datos que pueden darse dependiendo del valor del byte de comunicaciones.

Tabla 2. Byte de control de comunicaciones

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	control de transmisión de datos desde el modem al GPS (mux 2)	Reservado	control de canal del demultiplexor (demux)	control de canal del multiplexor (mux 1)

Tabla 3. Configuraciones de transferencia de datos generadas por el byte de comunicaciones

Valor del byte de comunicaciones	Transmisión de datos al GPS	Intercambio de datos
xxxx0x00	Directo desde el microcontrolador	Canal de transmisión hacia el GPS Canal de recepción desde el GPS
xxxx0x01		Canal de transmisión hacia el GPS Canal de recepción desde el modem
xxxx0x10		Canal de transmisión hacia el modem Canal de recepción desde el GPS
xxxx0x11		Canal de transmisión hacia el modem Canal de recepción desde el modem
xxxx1x00	Directo desde el modem	Canal de transmisión hacia el GPS Canal de recepción desde el GPS
xxxx1x01		Canal de transmisión hacia el GPS Canal de recepción desde el modem
xxxx1x10		Canal de transmisión hacia el modem Canal de recepción desde el GPS
xxxx1x11		Canal de transmisión hacia el modem Canal de recepción desde el modem

4. Software

El sistema trabaja con dos tipos de software:

- Software para operación del microcontrolador en la tarjeta de interfaz y control.
- Software de comunicaciones para el computador personal instalado en el bloque fijo.

Software del microcontrolador

Este software, elaborado en lenguaje ensamblador para el microcontrolador 8051, está dividido en dos modos:

- Modo de Stand-By
- Modo de rastreo

El modo de Stand-By hace que el microcontrolador se encuentre a la espera de que se reporte una alarma. Hasta eso, actualiza los datos de posición de vehículo de manera automática cada 30 minutos. En la Figura 6 se muestra el diagrama de flujo de este proceso.

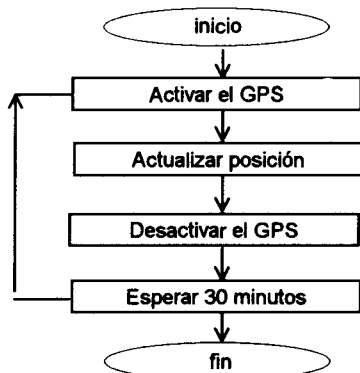


Figura 6. Diagrama de flujo del modo Stand-by

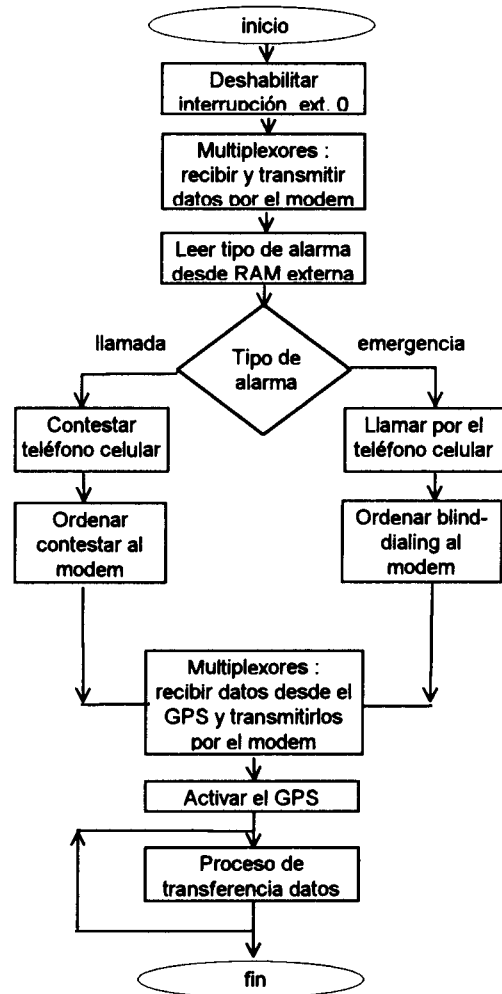


Figura 5. Diagrama de flujo del modo de rastreo de la tarjeta de interfaz y control

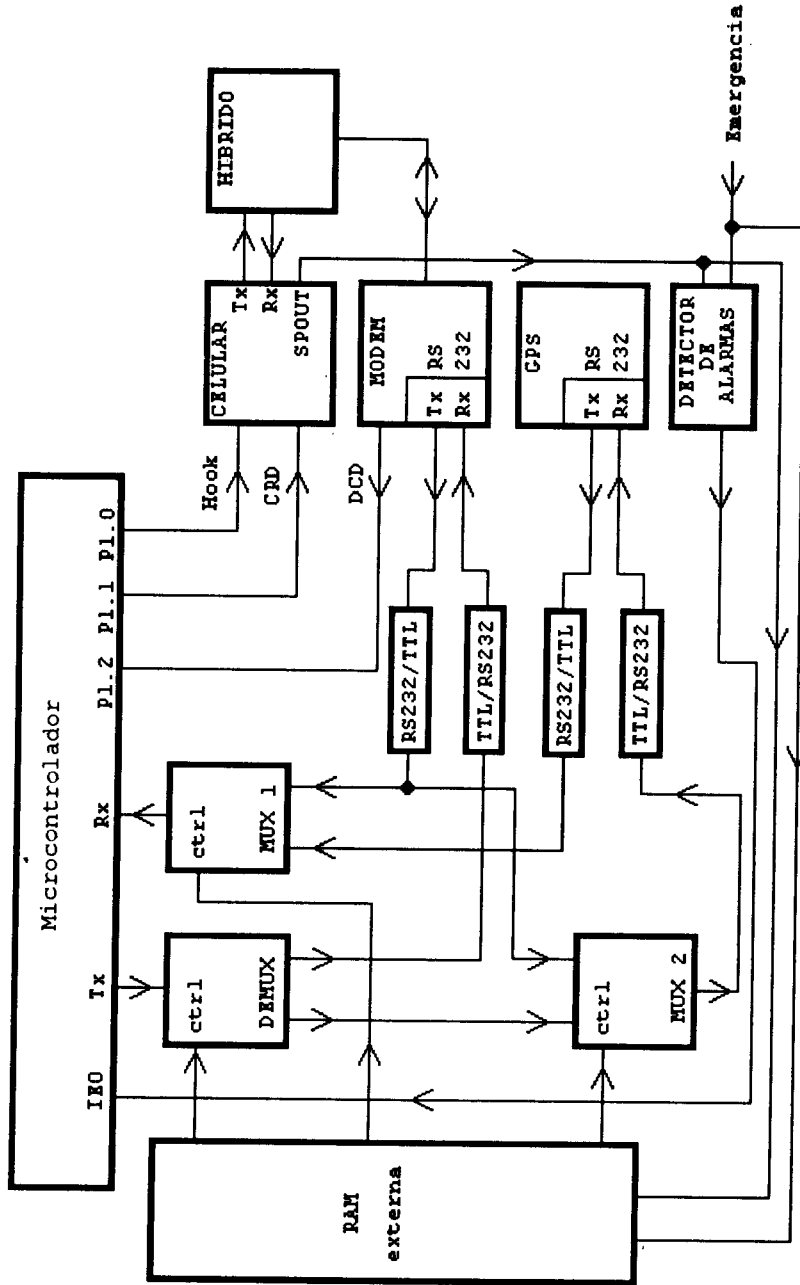


Figura 7. Diagrama de bloques general de la tarjeta de interfaz y control

El modo de rastreo opera cuando una de las alarmas ha sido detectada. Si la alarma es de llamada, contesta el teléfono celular y transfiere la llamada al modem. Una vez que la comunicación queda completamente establecida inicia la transferencia de datos de posición. En cambio, si la alarma es de emergencia, marca el número telefónico en el que se encuentra el bloque fijo, transfiere la llamada al modem e inicia la transferencia de datos.

Software del computador en el bloque fijo

El programa de comunicaciones del PC en el bloque fijo está elaborado en Microsoft QuickBasic. Las funciones que cumple son las siguientes:

- Manejar al modem para contestar y realizar una llamada desde y hacia la tarjeta de interfaz y control en el bloque móvil.
- Enviar instrucciones de configuración hacia el GPS.

5. Funcionamiento

Para dar un ejemplo de cómo funciona este sistema se va a tomar como ejemplo la localización de un auto robado.

Existen dos modalidades de robo de vehículos:

En la primera modalidad, a la cual se la puede denominar "pasiva", la persona estaciona o deja su vehículo. Al volver descubre que el auto ya no está. En ese caso el dueño hace una llamada a la central de

vigilancia (bloque fijo) reportando el robo del vehículo. Una vez hecho el reporte, la central de vigilancia "llama" al vehículo robado marcando el número del teléfono celular instalado en el mismo. Cuando el teléfono celular timbra, el circuito que sirve de interfaz entre el GPS y el celular se activa contestando la llamada. Una vez que el sistema responde, desde la central de vigilancia se envían las instrucciones para que el GPS se active y empiece a enviar datos de posición del vehículo a través del modem.

En la segunda modalidad, a la cual se le puede denominar "violenta", la persona es asaltada en su vehículo. En este caso se pueden presentar dos opciones:

- La persona asaltada activa por medio de un control remoto o un "botón de pánico" el sistema localizador (alarma de emergencia). En este caso, la tarjeta de interfaz y control llama por teléfono a la central de vigilancia que al contestar hace que se inicie el envío de datos de posición del vehículo.
- El segundo caso es el mismo que el visto en la modalidad pasiva. Es decir, la persona robada reporta el robo a la central de vigilancia.

6. Resultados

El prototipo del equipo fue armado con la técnica de "Wire-Up". Las pruebas se realizaron tanto en el laboratorio, como en un vehículo, obteniéndose un resultado exitoso en la transferencia de datos de posición bajo los dos tipos de alarmas previstos. La transmisión y recepción de datos se realiza a una

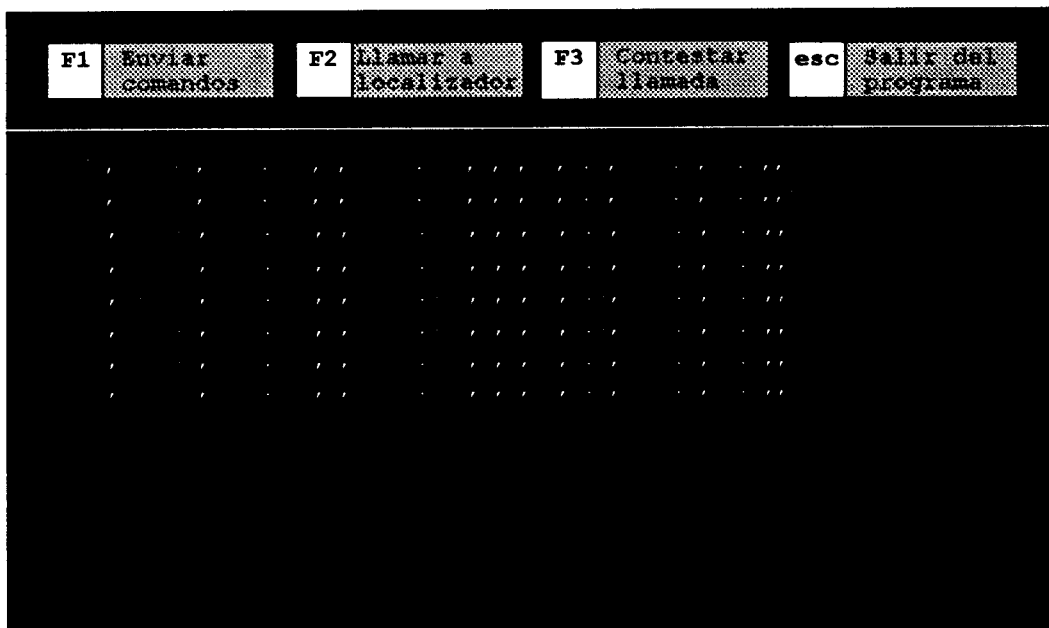


Figura 8. Datos de posición del GPS transmitidos desde un vehículo de prueba al bloque fijo del sistema localizador

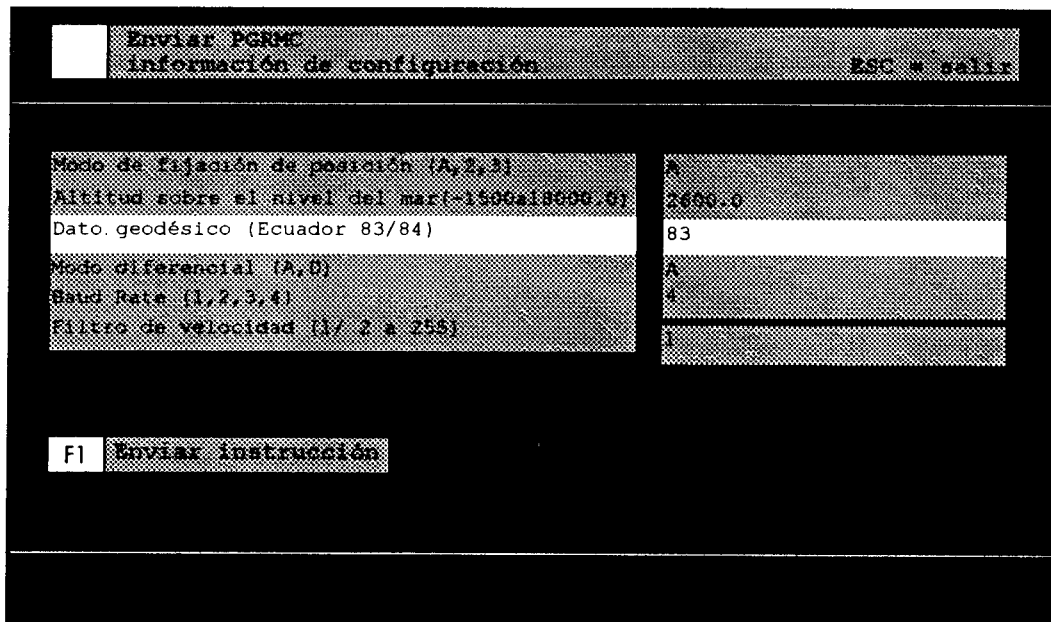


Figura 9. Pantalla de transmisión de datos de configuración del GPS

velocidad máxima de 1200 bps.

En la Figura 8 se muestra la pantalla diseñada para visualizar los datos transmitidos desde el bloque móvil instalado en el vehículo. Las cadenas de caracteres que se pueden ver son datos de posición enviados por el GPS en un formato especial denominado NMEA 0183. Existen varios tipos de bloques de caracteres que pueden ser enviados por el GPS; el que se visualiza en la Figura 8 se denomina bloque *GPGGA* y contiene los datos de posición del vehículo en latitud y longitud. Como ejemplo se toma el primer bloque de caracteres de la Figura 8:

```
$GPGGA,143342,0012.812,S,07852.483,W,1,05,3.4,2818.5,20.4,*,62
```

Las principales informaciones contenidas en este bloque de datos son las siguientes:

El bloque de caracteres "143342" es la hora GMT a la que se están tomando los datos de posición. En este caso, la hora es 14h 33m 42seg GMT.

El bloque de caracteres 0012.812 es la latitud en la que se encuentra el vehículo. En este caso 00 grados, 12.812 minutos.

El caracter S indica el hemisferio de latitud en el que se encuentra el vehículo, en este caso es sur (South).

El bloque 07852.483 es la longitud en la que se encuentra el vehículo. En este caso se tienen 078 grados, 52.483 minutos.

El caracter W indica el hemisferio de longitud en el que se encuentra el vehículo. En este caso el hemisferio es oeste (West).

El caso que se muestra en la Figura 8 es el de transferencia de datos por alarma de llamada, sin embargo, la pantalla es idéntica para el caso de transferencia de datos por alarma de emergencia. Nótese que la información de posición es enviada cada segundo, y que los valores de latitud y longitud prácticamente se mantienen constantes. Esto se debe a que la prueba fue realizada con el vehículo detenido. En el caso de que el vehículo hubiera estado en movimiento, los datos de latitud y longitud hubieran variado cada segundo.

En la Figura 9 se muestra una pantalla del software del bloque fijo que permite definir algunos parámetros de funcionamiento del GPS. Aquí se puede ver que el sistema no solo está diseñado para recibir datos desde el bloque móvil, sino que también está habilitado para manejar de manera remota el GPS instalado en el vehículo.

7. Conclusiones

La velocidad máxima de transmisión de datos del sistema fue muy baja: 1200 bps. Esto muestra que si bien la transferencia de datos resulta exitosa con un modem telefónico para PC, será imprescindible la utilización de un modem específicamente diseñado para transmisión de datos en canal celular, si se desea hacer una versión comercial de este equipo, para de esa

manera aumentar la confiabilidad del sistema de localización.

La tarjeta de interfaz y control aun puede ser ampliada para adaptar muchas más funciones al sistema localizador. La ampliación puede darse a través de los puntos que aun quedan libres en el puerto P1, o a través de hardware periférico conectado como memoria RAM externa.

La ventaja de utilizar un GPS como determinador de posición y la red de telefonía celular como medio de transmisión de los datos, hace que un sistema tenga una gran cobertura nacional, las 24 horas del día. Esta ventaja puede ser altamente útil en aplicaciones de localización de vehículos robados por las siguientes razones:

- Aun cuando el vehículo robado fuera llevado a las afueras de la ciudad o incluso a cualquier lugar dentro del país, seguiría siendo localizable.
- El sistema puede funcionar aun cuando el vehículo fuera robado en otra ciudad que no fuera Quito o Guayaquil. Por ejemplo un vehículo robado en Cuenca o en Ambato podría ser reportado a la central de vigilancia sin ningún problema y ésta de igual manera podría localizarlo. Esto permite que exista una sola central de control a nivel nacional, localizada en cualquier ciudad, pueblo o posición donde exista cobertura de telefonía celular o cobertura de red de telefonía fija.
- La posición, velocidad y dirección del vehículo son completamente conocidas en intervalos de algunos segundos. Eventualmente, se podría diseñar una base de datos gráfica en la que se tengan mapas digitalizados del país, para de esa manera visualizar de manera aun más fácil la posición del vehículo.

El sistema no solo puede ser utilizado para localización de vehículos robados sino para :

- Seguimiento de vehículos de transporte de valores.
- Seguimiento de unidades de transporte de pasajeros o carga a través de rutas cubiertas por servicio de telefonía celular.
- Seguimiento y apoyo de vehículos policiales o de emergencia.

El costo del bloque móvil del sistema localizador resulta atractivo para realizar una versión comercial del equipo y competir con sistemas de localización vía satélite ya implementados. El prototipo desarrollado en este trabajo y que incluye el teléfono celular, el GPS, el modem y todo el hardware de la tarjeta de interfaz y control tiene un costo que bordea los 900 USD. Obviamente, este es el costo del equipo considerando únicamente los elementos utilizados para su construcción e implementación. Aun así, agregando los costos de

diseño, desarrollo y utilidades, el precio total continuará siendo bastante competitivo.

8. Referencias

1. Garmin, GPS 35 TracPak Technical Specifications, Garmin Inc., Kansas, USA, 1996
2. Gonzalez J., Introducción a los microcontroladores, McGraw Hill, España, 1992.
3. Intel, Embedded Microcontrollers and procesors, Vol 1, Intel Corp., USA, 1993.
4. Lara Rodriguez D., Sistemas de comunicación móvil, Alfaomega, México, 1992
5. National Semiconductors, Linear Data Book, National Semiconductors, California, USA, 1980.
6. Tocci R., Sistemas Digitales: Principios y aplicaciones, Prentice Hall, México, 1993.
7. Texas Instruments, TTL data book for engineers, Texas Instruments, New York, USA, 1976.
8. Hanna William, Global Positioning System Overview, Universidad de Texas
<http://www.utexas.edu/depts/grg/gcraft/notes/gps/gps.html>

Datos biográficos.

Juan Carlos Valencia Ruiz

Nació en Quito el 3 de enero de 1972. Realizó sus estudios secundarios en el Colegio "La Salle" de la ciudad de Quito. Sus estudios superiores los realizó en la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Escuela Politécnica Nacional de Quito, especializándose en Electrónica y Telecomunicaciones. Actualmente se encuentra finalizando el tema presentado en este trabajo como su Tesis de Grado.

Pablo Hidalgo

Nació en Ambato-Ecuador el 20 de septiembre de 1959. Obtuvo el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones en la Escuela Politécnica Nacional en el año de 1985. Becado por el Gobierno Alemán y auspiciado por la E.P.N. realizó estudios de postgrado en Telecomunicaciones en el Deutsche Bundespost en el año de 1990. Desde 1983 hasta la fecha trabaja en el área de telecomunicaciones en el Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones de la E.P.N.