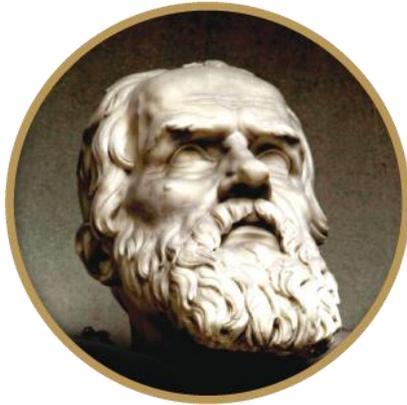


LEONEL RICARDO VELÁSQUEZ LÓPEZ

“Sistema de monitoreo vehicular vía GPS con comunicación
GPRS”



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS, INFORMÁTICA Y
CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
GUATEMALA, 2013

Esta tesis fue elaborada como requisito para optar al grado académico de Ingeniero en Electrónica, Informática y Ciencias de la Computación.

Guatemala, junio de 2013

Este trabajo de investigación lo dedico a:

A Dios, mi Señor y creador

A mi esposa, Nataly

A mis padres, Tomás y Esperanza

A mis hermanos, Arturo, Allan y Pablo

A mis suegros, Juan y Catarina

A toda mi familia y mis amigos más cercanos

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer especialmente a:

- A Dios, por darme la vida, la salud, la inteligencia y permitirme culminar esta etapa de mi vida.
- A mis padres, por darme la educación, los consejos y el amor que he necesitado a lo largo de mi vida.
- A mi esposa, por ser mi apoyo, por darme ánimo y estar conmigo en todo momento.
- A mis hermanos, por estar siempre a mi lado y ser mis mejores amigos.
- A mis suegros, por sus consejos y ayuda.
- A mi familia, por su apoyo, en especial a mis abuelos por creer y confiar siempre en mí.
- A la Universidad Galileo, por darme la formación profesional y la ética que he necesitado para desempeñarme en el área laboral.
- A mis amigos, por apoyarme a lo largo de mi carrera.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO I.....	13
1.1 Sistema de monitoreo vehicular GPS con comunicación GPRS.....	13
CAPÍTULO 2.....	17
2.1 Diseño de hardware.....	17
2.2 El módulo Telit GM862-GPS	19
2.3 GPS.....	21
2.3 Niveles de Voltaje	23
2.4 Puerto serial.....	25
2.5 Puertos I/O.....	26
2.6 ADC	27
2.7 Tarjeta de evaluación GM862.....	27
2.8 Autonomía	30
2.9 Microcontrolador Picaxe	30
CAPÍTULO 3.....	34
3.1 Diseño de Software.....	34
3.2 Configuración del módulo GM862-GPS.....	35
3.3 Intérprete Python	37

3.3 Módulos de Python.....	37
3.4 Operaciones de scripts de Python	40
3.5 Diseño de software del dispositivo móvil.....	41
CAPÍTULO 4.....	49
4.1 Presentación	49
CAPÍTULO 5.....	52
5.1 GPS.....	52
5.2 Historia.....	53
5.3 Datos Técnicos del Sistema GPS	54
5.4 Reloj atómico.....	55
5.5 Funcionamiento del sistema GPS	55
5.5.1 Segmento terrestre.....	56
5.5.2 Segmento espacial	56
5.5.3 Segmento de usuario.....	57
5.6 Triangulación	59
CAPÍTULO 6.....	63
6.1 Estándar GSM	63
6.2 Estructura de la red	65
6.2.1 Subsistema de Estaciones Base	66
6.2.1.1 Transceptor de la Estación Base	66
6.2.1.2 Controlador de la Estación Base	66
6.2.2 Subsistema de red y de conmutación.....	67

6.2.2.1 Centro de conmutación móvil (MSC).....	67
6.2.2.2 Centro de Ubicación Base.....	67
6.3 Módulo de Identificador del Suscriptor.....	68
6.4 Proceso de autenticación	68
6.5 GPRS.....	70
6.6 Enhanced Data Rates for GSM Evolution (EDGE)	71
6.7 Velocidades de transferencia	72
6.9 Centro de mensajes cortos (SMSC)	72
CONCLUSIONES	74
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	75

ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1. Ubicación en Google Maps®	15
Figura 2. Funcionamiento básico	19
Figura 3. Dimensiones del módulo Telit GM862-GPS	20
Figura 4. Vista inferior módulo Telit GM862-GPS	21
Figura 5. Datos entregados por la sentencia GLL	23
Figura 6. Encendido mediante pulsador	25
Figura 7. Puertos digitales	26
Figura 8. Regulador de voltaje en tarjeta de evaluación GM862.	28
Figura 9. Interfaz USB-serial en tarjeta de evaluación GM862.	29
Figura 10. Tarjeta de evaluación GM862.	29
Figura 11. Interfaz para programar un microcontrolador Picaxe.	31
Figura 12. Diagrama de pines del Picaxe-08M.	32
Figura 13. Interprete de Python dentro del módulo Telit GM862-GPS.	37
Figura 14. Red GPRS.	45
Figura 15. Modem GSM con conexión USB.	46
Figura 16. Visualización de coordenadas.	50
Figura 17. Recorrido en Google® Earth.	51
Figura 18. Órbitas de los satélites del Sistema GPS. [1]	53
Figura 19. Distancias entre satélites y receptor GPS.	58
Figura 20. Triangulación 2D con 3 puntos conocidos.	60
Figura 21. Coordenadas geográficas.	61

Figura 22. Estación base y rango de cobertura.....	64
Figura 23. Diagrama de interconexión de red GSM.....	65
Figura 24.Tarjeta SIM.	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de Voltaje (CMOS 2.8V) descritos por el fabricante.....	20
Tabla 2. Niveles de Voltaje (CMOS 1.8V) descritos por el fabricante.....	20
Tabla 3. Velocidades de transferencia.....	68

INTRODUCCIÓN

Gracias a los avances en la tecnología, hoy en día existen sistemas de posicionamiento sumamente exactos, tales como el Sistema GPS, que es tan preciso que es utilizado para generar rutas a través de ciudades, pueblos y carreteras en casi todos los países del mundo, que lo hace el sistema de posicionamiento más utilizado a nivel mundial. Los avances también se hacen presentes en las redes móviles, que permiten la comunicación en cualquier lugar. Las áreas rurales dejaron de ser lugares incomunicados, ya que el crecimiento ha sido tanto, que la red móvil GSM, se ha convertido en la red móvil más grande a nivel mundial. El crecimiento del internet permite que la comunicación sea tan veloz que las largas distancias parecieran no existir. Los dispositivos móviles permiten que las personas se comuniquen a través de voz, texto, imágenes, etc., ya que incorporan una conexión a internet. Todos estos avances permiten un sinnúmero de aplicaciones, pero, ¿Existe la posibilidad de crear un sistema de monitoreo en tiempo real?

El país en que nos encontramos, lamentablemente atraviesa tiempos en que la situación en cuanto a seguridad es preocupante. Actualmente existen sistemas de monitoreo que permiten controlar la posición de un vehículo, pero esto se hace por terceros. Además, es necesario realizar una llamada telefónica, esperar a que se dé la confirmación de la ubicación y muchas más desventajas que hacen que estos sistemas den dudas al respecto.

Un sistema de monitoreo independiente, en el que el usuario tenga el control total, es solución para un monitoreo eficiente que pueda realizarse a cualquier hora del día y desde cualquier lugar.

A continuación se muestra cómo se incorporan las tecnologías anteriormente descritas, para realizar un sistema de monitoreo vehicular independiente, en el que el usuario tiene el control de dicho sistema, además tiene bajo costo de mantenimiento y operación. Se explicará más a detalle el porque de las tecnologías seleccionadas para dicho proyecto, sus funcionalidades, ventajas y su uso.

CAPÍTULO I

1.1 Sistema de monitoreo vehicular GPS con comunicación GPRS

El sistema de monitoreo satelital GPS se refiere a un sistema capaz de confirmar la posición de un objeto (en este caso, un vehículo) en tiempo real desde cualquier ubicación.

Como su nombre lo indica, el sistema de navegación incorpora GPS. La razón fundamental de esto es que el sistema GPS funciona en cualquier parte de la tierra, siempre y cuando sea un espacio abierto. Otra razón importante es que los receptores GPS están al alcance de todos y su uso es gratuito.

El sistema de navegación utiliza el sistema GPS para una toma de posición. Esto se hace mediante lectura de coordenadas por medio de valores de latitud, longitud, altura, velocidad, entre otros. Los datos entregados por el receptor dependen de la solicitud que se haga y de la configuración interna del receptor. Los datos necesarios para calcular una posición son los siguientes:

- *Latitud: 4542.82691N*
- *Longitud: 01344.26820E*
- *Altitud: 8*

Estos datos adquiridos indican un punto único sobre la tierra en coordenadas esféricas.

Luego de una toma de posición, el sistema debe enviar estos datos hacia un lugar que los almacena y los muestra al usuario, para conocer la ubicación del vehículo. Obsérvese el siguiente ejemplo:

Ejemplo:

Un receptor GPS indica las siguientes coordenadas:

- Longitud: 14.583251N
- Latitud: 90.527433W

Las coordenadas indican un punto en algún lugar de la tierra. Al ingresar dichos valores en el sitio Google Maps®, se observa la siguiente ubicación:



Figura 1. Ubicación en Google Maps®

La ubicación que se muestra indica que el punto dado es el Aeropuerto Internacional la Aurora.

El lugar de destino (lugar donde se almacenarán y decodificarán los datos recibidos) debe conectarse con el dispositivo móvil que se encarga de tomar la posición. Un servidor web cumple con tal descripción.

Para realizar una conexión hacia el servidor se seleccionó la red móvil GSM, que gracias al estándar GPRS, permite una conexión a Internet. Se utilizará el protocolo de transmisión de hipertexto para el envío de los datos.

Luego de haber recibido la información en el servidor, éste se encarga de almacenarla en una base de datos. Al ser sistema de navegación, datos como la fecha y la hora son de importancia. Desde el dispositivo móvil nos interesa enviar la menor cantidad posible de datos, por lo que basta con las coordenadas.

Además de las coordenadas, el servidor recibe otra serie de datos para la seguridad del sistema y almacenamiento. Para esto se envían datos de usuario y contraseña.

La aplicación cliente es aplicación web, por lo que es sencillo utilizar el sistema de monitoreo. La transmisión de información del dispositivo móvil hacia el servidor puede iniciarse desde la aplicación web.

Para visualizar las posiciones adquiridas se utilizará Google Maps®, ya que permite fácil adición a una aplicación web y no tiene costo alguno.

CAPÍTULO 2

2.1 Diseño de hardware

El sistema de monitoreo se divide en dos partes: La parte móvil y la parte servidor. La parte móvil debe incluir diseño de hardware y software, la parte servidor es únicamente software y contempla el almacenamiento y procesamiento de información. Ambas partes son importantes, pero el diseño de hardware es la parte más crítica.

Antes de pensar en el diseño del dispositivo móvil, hay que pensar en las condiciones que debe cumplir y las tareas que debe desempeñar. Estas se detallan a continuación:

- Tamaño: El sistema de monitoreo está pensado para uso particular, pero a la vez para seguridad, por lo que debe ser de pequeñas dimensiones para ubicarlo en lugar secreto dentro del vehículo.
- GPS: Debe contar con receptor GPS que transmita los datos recibidos a otros dispositivos.
- GPRS: Debe contar con interfaz para recibir datos del receptor GPS.
- Alimentación: Debe funcionar con 12VDC, que es el voltaje que provee el sistema eléctrico de los vehículos.

- Señales Externas: Debe tener la capacidad de recibir y generar señales a dispositivos externos, tales como sensores y actuadores.
- Funcionamiento: Debe ser capaz de iniciar por sí mismo, procesar y manipular información y las señales externas que reciba.

El diseño de la parte servidor, debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Envío y recepción de información hacia y desde el dispositivo móvil: Debe estar listo para recibir información del dispositivo móvil, así como enviarle comandos.
- Almacenamiento de la información
- Presentación al usuario.

El funcionamiento básico del sistema de monitoreo, al trabajar en conjunto la parte servidor y la parte móvil, está descrito en el siguiente diagrama de flujo:



Figura 2. Funcionamiento básico

2.2 El módulo Telit GM862-GPS

Este módulo Telit GM862-GPS posee receptor GPS SiRFStar III, que es controlado por comandos AT. Posee además las siguientes características:

- 20 canales receptores GPS
- Módulo interno Cuatribanda GPRS (850/900/1800/1900MHz)
- GPRS clase 10
- Ranura SIM externa
- Intérprete de Python®
- Cliente integrado FTP y SMTP

- Puerto serial
- Stack TCP/IP integrado
- Puertos digitales I/O.
- Convertidor Análogo-Digital

Las dimensiones del módulo son 43.9x43.9x6.9mm, que equivale a un volumen aproximado de 13cm³. La ubicación de los conectores se detalla a continuación:

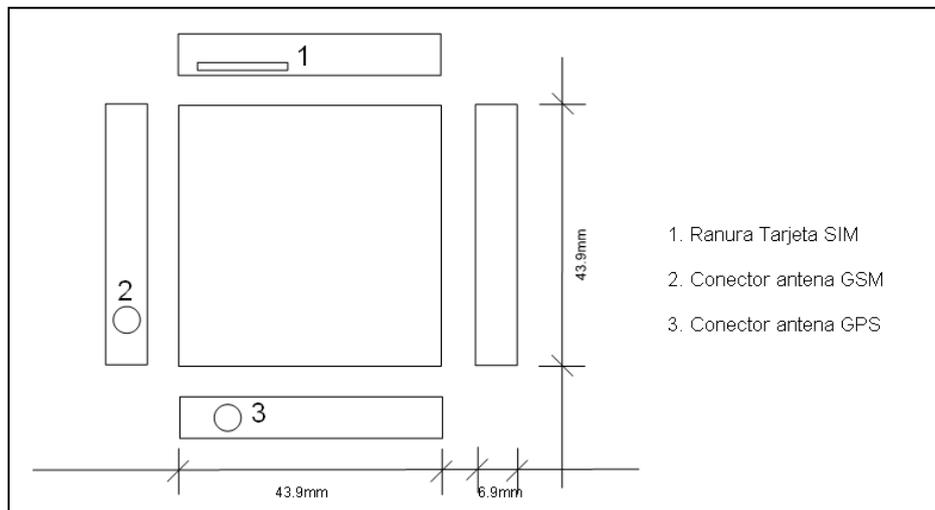


Figura 3. Dimensiones del módulo Telit GM862-GPS

Al tener integrado un módulo GPRS se evitan los problemas de la comunicación entre el módulo GPS y el módulo GPRS. La manera como se conecta a una tarjeta externa para su programación, es mediante un puerto con interfaz, tarjeta a tarjeta, que está ubicado en la parte inferior del módulo.

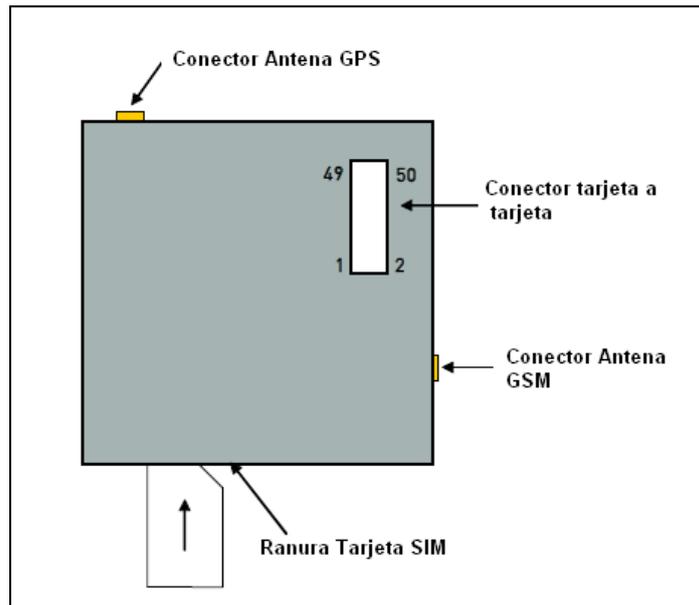


Figura 4. Vista inferior módulo Telit GM862-GPS

La interfaz externa del conector tarjeta a tarjeta cuenta con conector Molex 52991-050, que contiene 50 pines en los que se accesan a los puertos I/O, voltaje de alimentación, puertos para auriculares, interfaz serial, entre otros.

2.3 GPS

El módulo Telit GM862-GPS posee un puerto serial que opera mediante el protocolo NMEA y que recibe peticiones para entregar la lectura de coordenada. Las peticiones o sentencias NMEA que se reciben en dicho puerto son las siguientes:

- GGA: Tiempo, posición y corrección de tipo de datos.
- GLL: Longitud, latitud, tiempo UTC de posición fija y estado.
- GSA: Modo de operación de recepción GPS, satélites usados en la solución de posición y valores DOP.
- GSV: El número de satélites en vista, número de ID de satélite, elevación, azimut, y valores SNR.
- VTG: Información de curso y velocidad relativa al suelo.
- RMC: Tiempo, fecha, posición, curso y datos de velocidad

El puerto serial NMEA envía la información de la ubicación a través del puerto serial sin interrupciones. Cada sentencia contiene diferente información respecto a la ubicación, aunque los datos más importantes, tales como la longitud y la latitud están presentes en todas las sentencias. En el caso de la sentencia GLL, la información que entrega en el equipo terminal de datos (DTE) es la siguiente:

\$GPGGA,161229.487,3723.2475,N,12158.3416,W,1,07,1.0,9.0,M,, , ,0000*18

Donde los valores entregados representan lo siguiente:

Name	Example	Units	Description
Message ID	\$GPGGA		GGA protocol header
UTC Time	181229.487		hhmmss.sss
Latitude	3723.2475		ddmm.mmmm
N/S Indicator	N		N=north or S=south
Longitude	12158.3416		dddmm.mmmm
E/W Indicator	W		E=east or W=west
Position Fix Indicator	1		0 Fix not available or invalid 1 GPS SPS Mode, fix valid 2 Differential GPS, SPS Mode, fix valid 3-5 Not supported 6 Dead Reckoning Mode, fix valid
Satellites Used	07		Range 0 to 12
HDOP	1.0		Horizontal Dilution of Precision
MSL Altitude	9.0	meters	
Units	M	meters	
Geoid Separation		meters	
Units	M	meters	
Age of Diff. Corr.		second	Null fields when DGPS is not used
Diff. Ref. Station ID	0000		
Checksum	*18		
<CR> <LF>			End of message termination

Figura 5. Datos entregados por la sentencia GLL

El módulo Telit GM862-GPS, además del puerto serial NMEA puede recibir información del receptor GPS por medio de comandos AT dedicados para las funciones GPS. Dichos comandos pueden encender/apagar el receptor, así como realizar mediciones de voltaje y corriente en la antena, obtener la cantidad de satélites a la vista, entre otros.

2.3 Niveles de Voltaje

La fuente de alimentación define el rendimiento del dispositivo. Los módulos internos consumen cierta cantidad de corriente, y en algún momento al utilizar gran parte de ellos, pueden existir picos de corriente de hasta 2

amperios. La fuente de poder debe suministrar esta corriente sin experimentar una baja en el nivel de voltaje. El voltaje nominal que debe suministrar la fuente de poder es de 3.4V – 4.2V.

Los voltajes que se manejan son, en su mayoría CMOS. La descripción de los niveles de voltaje en las interfaces es la siguiente:

Rango de operación - interfaz (CMOS 2.8V)		
Nivel	Min	Max
Nivel Alto de entrada	2.1V	3.3V
Nivel Bajo de entrada	0V	0.5V
Nivel Alto de salida	2.2V	3.0V
Nivel Bajo de salida	0V	0.35

Tabla 1. Niveles de Voltaje (CMOS 2.8V) descritos por el fabricante.

Rango de operación - interfaz (CMOS 1.8V)		
Nivel	Min	Max
Nivel Alto de entrada	1.6V	2.2V
Nivel Bajo de entrada	0V	0.4V
Nivel Alto de salida	1.65V	2.2V
Nivel Bajo de salida	0V	0.35V

Tabla 2. Niveles de Voltaje (CMOS 1.8V) descritos por el fabricante.

El módulo GM862 se configura por medio de comandos AT. Algunas de sus funciones se configuran únicamente mediante este modo, otras únicamente por medio de comandos de hardware y pocas por ambos.

El encendido del módulo se hace por medio del pin ON_OFF (pin 17) que tiene un pull up interno. Para ejecutar el encendido basta con enviar un pulso

bajo por más de 1 segundo. Si desea un encendido manual, un pulsador a tierra puede realizar la tarea sin ningún problema.

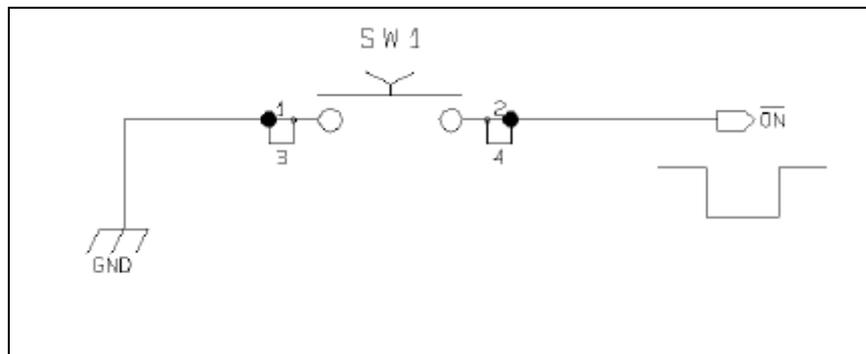


Figura 6. Encendido mediante pulsador

Esto permite encender el módulo a través de dispositivos externos como un microcontrolador.

2.4 Puerto serial

El módulo posee, además, 2 puertos seriales:

- Puerto serial modem
- Puerto serial GPS (NMEA)

La configuración del puerto serial GPS por defecto es 4800, 8, n, 1. El puerto serial modem posee interfaz UART y funciona con niveles de voltaje CMOS de 2.8V – 3V. La configuración por defecto es 9600, 8, n, 1.

2.5 Puertos I/O

El módulo GM862-GPS posee 13 pines digitales de entrada/salida distribuidos de la siguiente manera:

Pin	Signal	I/O	Function	Type	Input / output current	Default State	ON_OFF state	State during Reset	Note
34	GP11	I	GPIO1 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	0		
28	GPO2	O	GPO02 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	OUTPUT	0		Open Collector Alternate function (JDR)
46	GPIO3	I/O	GPIO03 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	1	1	47K Pull Up
47	GPIO4	I/O	GPIO04 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	1	1	4.7K Pull Up Alternate function (RF Transmission Control)
48	GPIO5	I/O	GPIO05 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	0		Alternate function (RFTXMON)
49	GPIO6	I/O	GPIO06 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	fig. 01	1	Alternate function (ALARM)
50	GPIO7	I/O	GPIO07 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	0		Alternate function (BUZZER)
32	GPIO8	I/O	GPIO08 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	0		
34	GPIO9	I/O	GPIO09 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	0		
38	GPIO10	I/O	GPIO10 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	0		
40	GPIO11	I/O	GPIO11 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	1	1	4.7K Pull Up
42	GPIO12	I/O	GPIO12 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	1	1	47K Pull Up
44	GPIO13	I/O	GPIO13 Configurable GPIO	CMOS 2.8V	1uA / 1mA	INPUT	0		

Figura 7. Puertos digitales

Como se observa en la figura 2.6, el módulo posee 11 pines configurables I/O, 1 pin de entrada y 1 pin de salida. Algunos de ellos poseen pull-up interno y otros poseen funciones alternativas, tales como: Control de transmisión RF, alarma, bocina, entre otros.

Todos los puertos operan con voltaje CMOS. La corriente de entrada es como máximo 1uA y la corriente source o sink máxima es 1mA para los pines de

salida. La dirección de datos por defecto para los puertos bidireccionales es INPUT.

2.6 ADC

El módulo contiene, además, un convertidor análogo a digital que se puede acceder mediante el pin#6 llamado ADC_IN1. El nivel de voltaje máximo que soporta es de 2 voltios y la conversión digital es de 11 bits, al dar como resultado una resolución ligeramente menor a 1mV.

2.7 Tarjeta de evaluación GM862

Para realizar el montaje del módulo Telit GM862 GPS se contemplan los siguientes detalles:

- Fuente de poder
- Niveles de voltaje para los pines de entrada
- Interfaz serial
- Comandos de Hardware (donde aplique)

La tarjeta de evaluación GM862 fabricada por Sparkfun® posee interfaz USB, interfaz de 0.1" para los 50 pines, regulación de voltaje de 5-9V, interfaz de

encendido/apagado y un interruptor para habilitar la ejecución de scripts hechos en Python. Esta tarjeta permite la programación del módulo y la carga de scripts de Python mediante PC.

El diagrama para el regulador de voltaje de 5-9 voltios, en la tarjeta de evaluación, es el siguiente

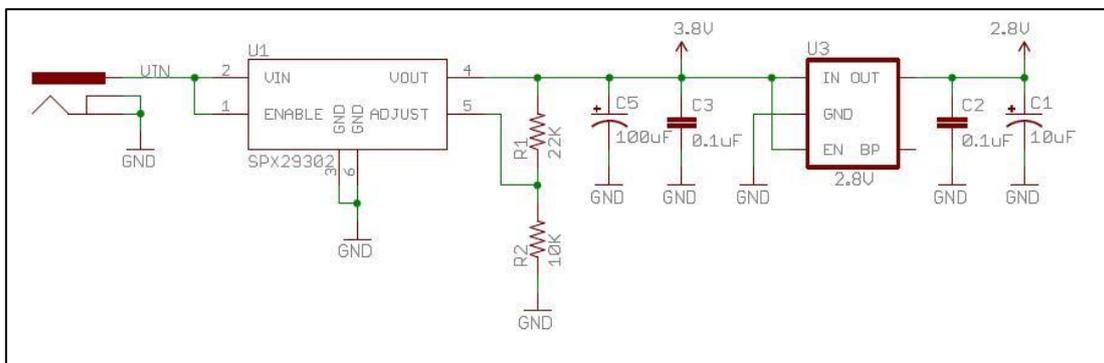


Figura 8. Regulador de voltaje en tarjeta de evaluación GM862.

La tarjeta de evaluación posee interfaz USB, que utiliza un emulador USB-serial para conectarse al módulo. Dicho puente contiene indicadores de envío de información a través de la interfaz serial. El diagrama es el siguiente:

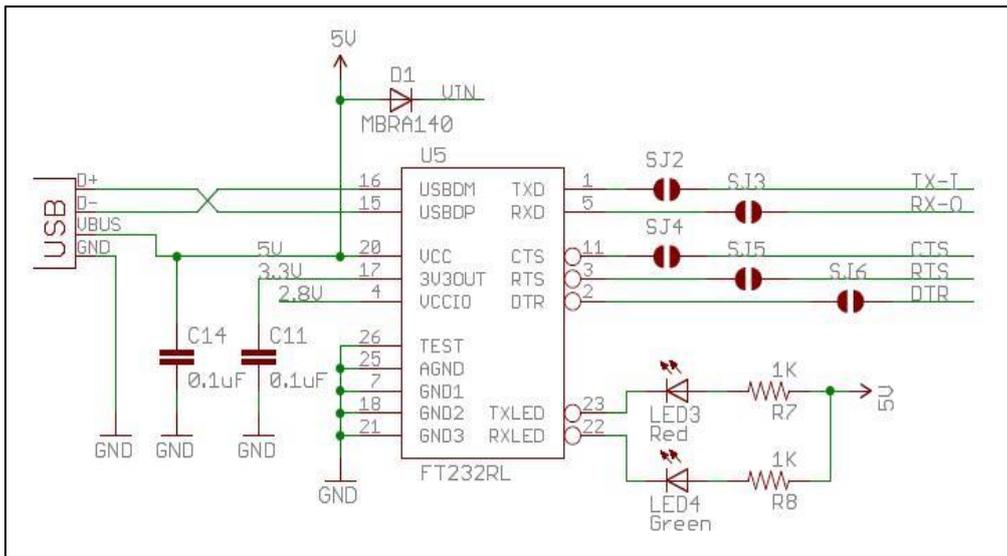


Figura 9. Interfaz USB-serial en tarjeta de evaluación GM862.

Para completar el diseño del sistema de monitoreo es necesario añadir otros componentes.

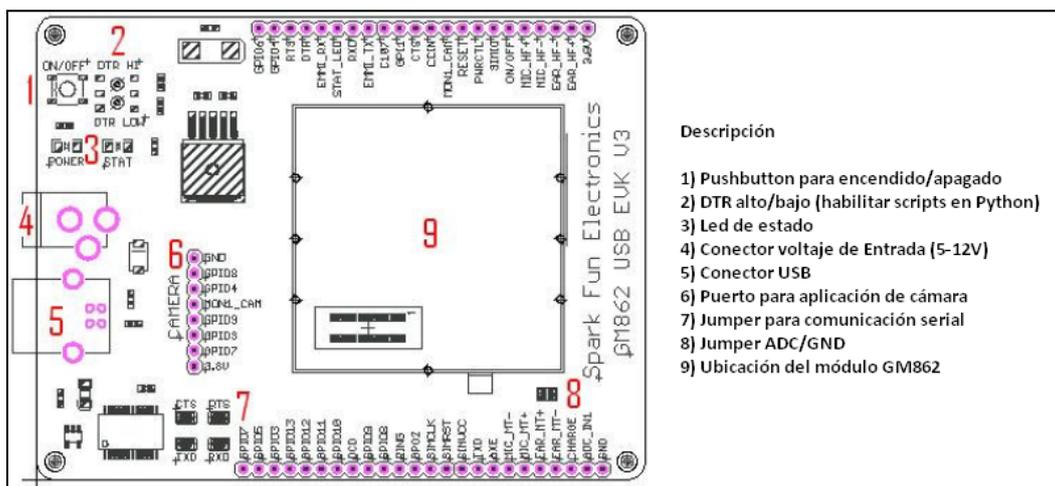


Figura 10. Tarjeta de evaluación GM862.

2.8 Autonomía

Si en algún momento el vehículo en que el módulo está instalado es robado el usuario puede iniciar la transmisión de información desde una computadora con acceso a internet.

El sistema debe instalarse en un lugar escondido dentro del vehículo y al conectarse un voltaje de entrada, éste debe encenderse por sí solo y esperar instrucciones para transmitir su ubicación. Esta autonomía se logra con microcontrolador.

2.9 Microcontrolador Picaxe

Los atributos básicos con los que debe contar el microcontrolador a escoger son:

- Operacional con 3.3V
- Pines digitales de entrada y salida
- Interfaz serial.

Para esta función en particular se eligió un microcontrolador de la familia Picaxe. Los microcontroladores Picaxe son elementos de bajo costo

programables en el lenguaje BASIC por medio de una interfaz serial al utilizar un compilador. La ventaja en este tipo de microcontroladores es su sencillez.

Entre sus atributos básicos están los siguientes:

- Fuente de alimentación: Los microcontroladores Picaxe funcionan con voltaje de alimentación en el rango de 3 a 5V.
- Salidas digitales: Las salidas proveen y drenan corriente máxima de 20mA. La corriente máxima por circuito integrado es de 90mA.
- Entradas digitales: Las entradas digitales deben tener mayores a 0.8 x voltaje de alimentación para valor alto y menores a 0.2 x voltaje de alimentación para valor bajo
- ADC: El microcontrolador posee un ADC con rango máximo, igual al voltaje de alimentación. La impedancia máxima de entrada es de 20K ohmios. La resolución configurable es de 8 ó 10 bits.
- Puerto serial: Contiene pines que pueden ser configurados como UART.

El circuito básico para la programación de un microcontrolador es el siguiente:

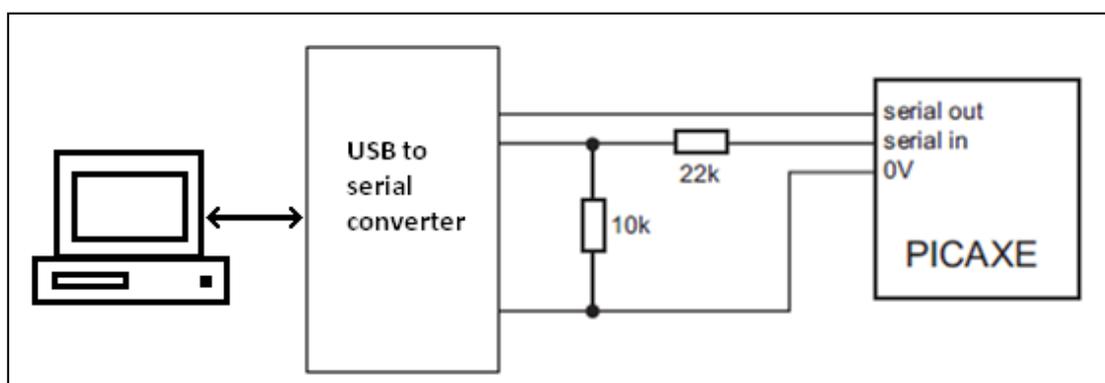


Figura 11. Interfaz para programar microcontrolador Picaxe.

El diagrama de pines para el Picaxe-08M es el siguiente:

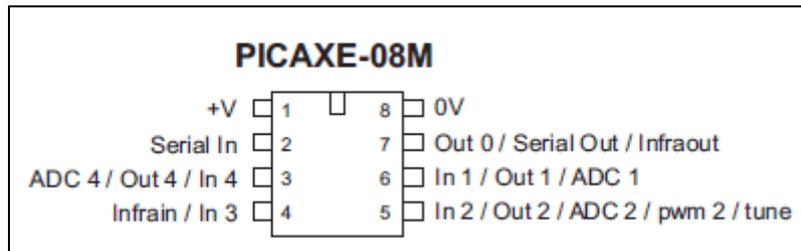


Figura 12. Diagrama de pines del Picaxe-08M.

El microcontrolador debe realizar las siguientes tareas para manejar la autonomía del sistema:

- Encendido del módulo Telit GM862-GPS.
- Envío de comandos AT para ejecutar script en módulo GM862-GPS. Esto se hará mediante comunicación serial.

Los puntos críticos para interconectar ambos dispositivos son los siguientes:

- Voltaje de entrada: El voltaje de entrada para la tarjeta de evaluación GM862 será de 12V, que es el voltaje que provee la batería del vehículo. La tarjeta de evaluación regula el voltaje a 3.8V, que es apropiado para el microcontrolador.
- Niveles de voltaje: El microcontrolador puede entregar una salida alta con voltaje de 3.8V, pero los pines del módulo GM862 soportan

voltaje máximo de 3.2V. Es necesario realizar una conversión para estos casos.

- Comunicación serial: Ambos dispositivos tienen interfaces UART compatibles.

CAPÍTULO 3

3.1 Diseño de Software

El diseño de software comprende los siguientes puntos:

- Diseño del dispositivo móvil, en el que se contempla el algoritmo de operación para el módulo y el microcontrolador.
- Diseño del servidor, en el que se contempla la comunicación entre el dispositivo móvil y el servidor y el manejo y almacenamiento de la información en el servidor.

En el diseño de software del dispositivo móvil se analizan las siguientes funciones:

- Toma de coordenadas: El dispositivo móvil debe tomar los datos de la posición en la que se encuentra. Los datos que interesan son únicamente la latitud y longitud.
- Conexión al servidor web: El dispositivo móvil se debe conectar al servidor y enviar las coordenadas obtenidas.
- Activación: El dispositivo móvil debe esperar una señal para iniciar las operaciones de toma de coordenadas y envío de la información al servidor.

- Notificaciones: El dispositivo móvil debe enviar notificaciones a celulares para alertas o indicaciones.

En el diseño de software del servidor se contemplan las siguientes funciones:

- Recepción, procesamiento y almacenamiento de la información: El servidor debe estar listo para recibir la información del dispositivo móvil, procesarla y almacenarla en una base de datos.
- Activar el dispositivo móvil: El servidor debe ser capaz de iniciar la recolección de información en el dispositivo móvil.

3.2 Configuración del módulo GM862-GPS

El módem interno GSM, se configura principalmente por comandos AT. Existen comandos para configurar el módem interno GSM, así también para manejar los recursos de hardware (indicadores, pines digitales, ADC), cliente de correo electrónico, módulo GPS, etc.

Ejemplo:

Para conectarse y autenticarse en la red del operador TIGO, es necesario configurar los siguientes parámetros:

- Banda 850MHz
- Comprobar la correcta inserción de la tarjeta SIM.
- Comprobar el registro en la red

Para realizar estas configuraciones mediante el módulo GM862-GPS, las instrucciones son las siguientes:

Comando: **AT#BND=2\r\n**

Respuesta del módulo: **OK**

Comando: **AT+CPIN?\r\n**

Respuesta del módulo: **READY**

Comando: **AT+CREG?\r\n**

Respuesta del módulo: **+CREG: 0,1**

Con esta configuración básica, el módulo se ha registrado satisfactoriamente en la red y está listo para efectuar una llamada. Todos los demás parámetros del módulo se configuran de esta manera, por eso el módulo tiene intérprete de Phyton, que puede ejecutar comandos AT por medio de scripts.

3.3 Intérprete Python

El intérprete Python está diseñado para utilizar todos los recursos de hardware y software del módulo, y tiene acceso a memoria no volátil de 2MB, para guardar scripts y 1.2MB de memoria RAM y ejecutarlos. La manera como está diseñado dentro del módulo, se puede apreciar en la siguiente imagen:

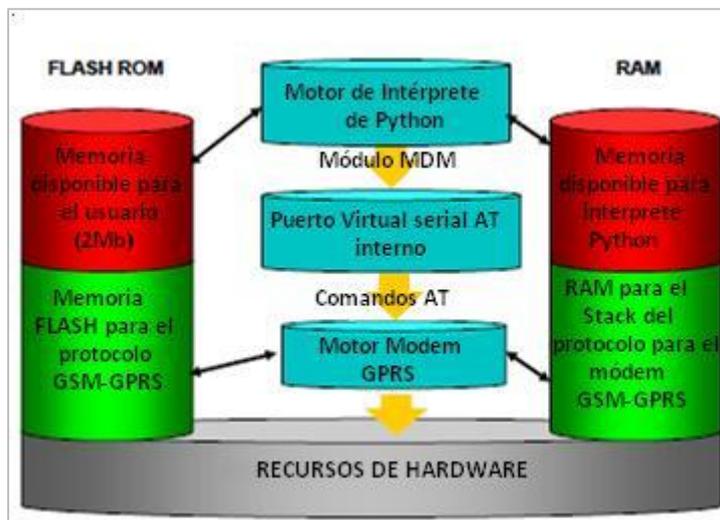


Figura 13. Intérprete de Python dentro del módulo Telit GM862-GPS.

3.3 Módulos de Python

El intérprete Python está formado por una serie de módulos, los que acceden a las diferentes funciones de hardware. Los módulos y sus funciones son los siguientes:

- MDM: Es el módulo más importante. Permite a Python enviar comandos AT, recibir respuestas e indicaciones, enviar y recibir datos de la red.
- MDM2: Módulo que tiene las mismas características que el módulo MDM. Es de redundancia.
- SER: Interfaz entre el intérprete y el puerto serial interno ASC0. Este módulo permite que el intérprete pueda leer y escribir directamente del puerto serial.
- SER2: Interfaz del puerto serial interno ASC1.
- GPIO: Interfaz entre el intérprete y los puertos de entrada y salida del módulo.
- MOD: Interfaz para funciones misceláneas del módulo.
- GPS: Interfaz para el módulo interno GPS.

Para entender mejor el funcionamiento del módulo MDM, se muestra el procedimiento para registrarse y conectarse a la red de tigo:

```

MDM.send('AT#BND=2\r\n',10)

MDM.send('AT+CPIN?\r\n',10)

a=MDM.receive(10)

MDM.send('AT+CREG?\r\n',10)

b=MDM.receive(10)

while(b.find(',1')== -1):

    MDM.send('AT+CREG?\r\n',10)

```

```
b=MDM.receive(10)
```

El módulo SER permite leer y escribir al puerto serial, que permite leer información de dispositivos externos. Los parámetros de conexión del puerto serial pueden modificarse mediante este módulo. El uso del módulo SER se muestra en el siguiente ejemplo, que configura la frecuencia, la correcta inserción de la tarjeta SIM y la autenticación en la red:

```
MDM.send('AT#BND=2\r\n',10)

SER.send('Configurando Banda 850 ->
tigo\r\n')

MDM.send('AT+CPIN?\r\n',10)

r=MDM.receive(10)

if(r.find('READY')>-1):

    SER.send('SIM lista\r\n')

else:

    SER.send('SIM no insertada o
incorrecta\r\n')

MDM.send('AT+CREG?\r\n',10)

r=MDM.receive(10)

while(r.find(',1')== -1):

    MDM.send('AT+CREG?\r\n',10)
```

```
r=MDM.receive(10)
```

```
SER.send('Registrado en la red\r\n')
```

Como se puede observar, el módulo SER puede utilizarse como indicador de estado al ejecutar un script.

3.4 Operaciones de scripts de Python

Para ejecutar un script de Python, es necesario seguir los siguientes pasos:

- Escribir el script de Python.
- Compilar el script (opcional).
- Descargar el script en el módulo.
- Habilitar la ejecución de scripts.
- Ejecutar el script.

Un script de Python se realiza mediante el IDE, que Telit provee llamado *Telit Python Package*. Este IDE permite escribir los scripts con ayuda para el chequeo de errores de sintaxis, descarga de scripts al módulo y emulación de ejecución.

Para habilitar la ejecución de un script en el módulo se tiene que ejecutar el siguiente comando:

```
AT#ESCRIP="nombre.py"
```

Finalmente para ejecutar un script, es necesario ejecutar el siguiente comando:

```
AT#EXECSCR
```

Esto ejecuta el script habilitado.

3.5 Diseño de software del dispositivo móvil

El dispositivo móvil se divide en dos partes:

- Módulo Telit GM862
- Microcontrolador

El algoritmo de operación del módulo es el siguiente:

1. Inicialización: En esta parte se contemplan las configuraciones necesarias para el módulo (registro en la red, configuración GPRS).
2. Espera de activación: El módulo espera un evento para su activación, que puede ser local y remota. La activación local es un pulsador que hace la función de interruptor de pánico. Se le conoce como interruptor de pánico debido a que es un tipo de activación rápida y sencilla, en caso que el usuario se encuentre en una situación de peligro o alerta. La activación remota se hace por parte del servidor web o mediante teléfono celular. La comunicación se lleva a cabo mediante mensaje SMS.
3. Envío de notificaciones: El sistema debe enviar notificaciones a un número de celulares definido por el usuario. Las notificaciones consisten en mensajes de alertas cuando se presione el interruptor de pánico.
4. Recopilación de información y envío al servidor: El módulo inicia a tomar las coordenadas, seguidamente realiza conexión con el servidor y envía la información.

La inicialización consiste en configuraciones básicas del módulo. El microcontrolador está incluido en esta parte, ya que es el encargado de encender el módulo (como se explicó anteriormente, el módulo debe encenderse mediante un pulso a tierra por más de un segundo) y enviar los comandos para habilitar la ejecución del script.

La activación local del sistema se hace por medio del interruptor de pánico. El módulo posee pines de entrada, pero no tiene interrupciones de hardware en dichos pines, por lo tanto se necesita de la ayuda del microcontrolador para ampliar el tiempo de pulsación del interruptor.

La configuración del microcontrolador es la siguiente:

```
let dirs=%00010100      `pines 2 y 4 como salidas
let pins=%00000000      `salidas digitales en "0"
                          lógico
    setfreq m8           `incrementar la frecuencia
                          del reloj interno al doble.
serout 0,T4800_8,
("AT#ESCRIP=", $22,
"gsm.pyo", $22, 0x0D, 0x0A) `Enviar comando serial
                          `AT#ESCRIP="gsm.pyo"\r\n'
                          para habilitar la ejecución
                          del script en la memoria
                          interna.
serout 0,T4800_8, ("AT#EXECSCR") `Ejecutar el script

rep:                      `      subrutina      para
                          interruptor de pánico
```

```

button 1,1,255,255,b1,1,up      ` cuando se detecte
                                ` "1" lógico           en
                                ` pin 1 ir a subrutina `up'

goto rep                        ` en caso que se exceda el
                                ` tiempo de espera retornar a
                                ` la subrutina

up:

    let pins=%00000100          `enviar un "1" lógico en
pin 3                             `
    wait 80                      `esperar 40 segundos
    let pins=%00000000          `enviar "0" lógico en pin 3
    goto rep                     `regresar a subrutina para
                                `interruptor de pánico en
                                `espera de otro evento

```

La activación remota se hace mediante SMS, esto para comunicación directa al dispositivo móvil. La comunicación mediante el protocolo IP se dificulta, ya que el dispositivo se encuentra conectado en una red privada, la red GPRS del operador TIGO.

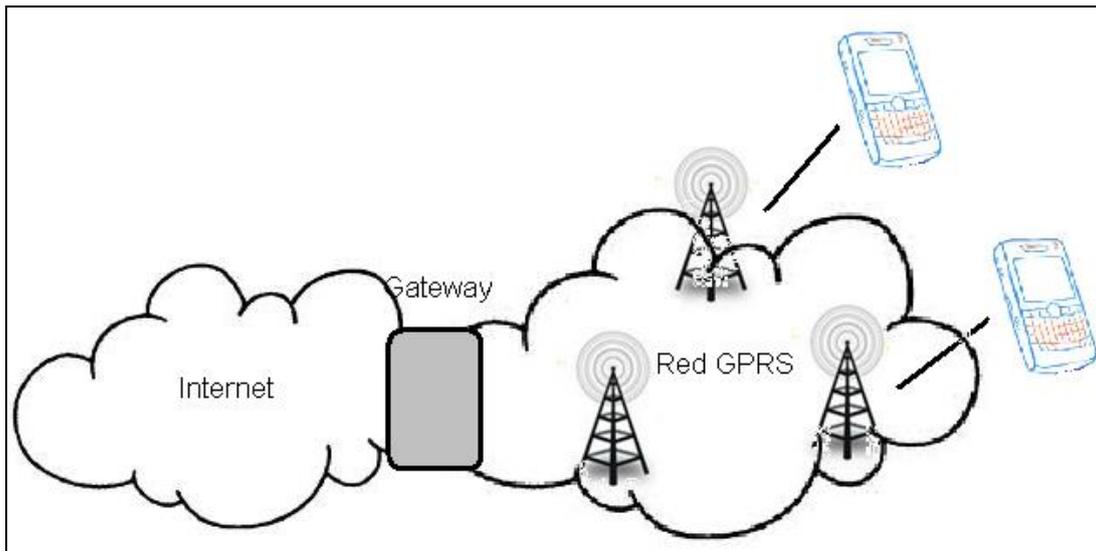


Figura 14. Red GPRS.

Para realizar conexión al dispositivo desde computadora mediante el protocolo de la capa de red IP, es necesario conectarse a la red GPRS de dicho operador.

Una solución sencilla para la activación remota es mensaje de texto o SMS. Se descarta la opción de SMS por internet debido a que muchos operadores impiden su automatización.

Los módems GSM con conexión USB utilizan comandos AT para su programación y uso.

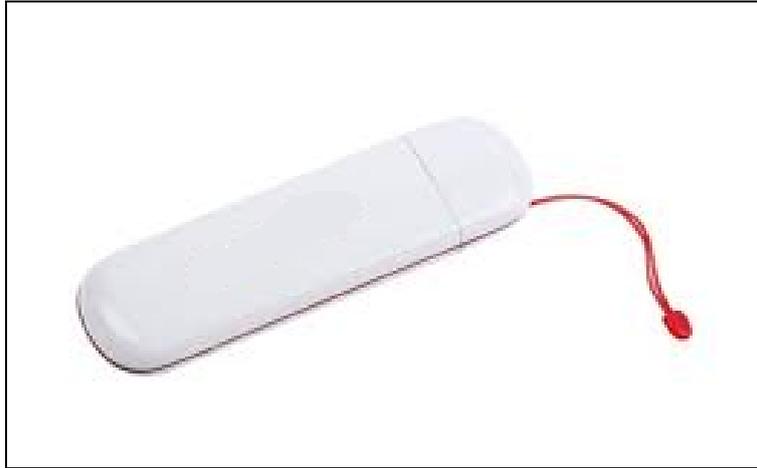


Figura 15. Módem GSM con conexión USB.

Los comandos necesarios son los siguientes:

```
AT+CMGF=1\r\n
```

```
AT+CMGS=\"40108307\"\r
```

```
Mensaje a enviar
```

```
Character 0x1A
```

La primera línea le indica al módem la configuración del formato de los mensajes de texto, tanto para recepción como transmisión (en este caso, texto). La siguiente línea es el mensaje de texto a enviar. Los parámetros que utiliza se detallan a continuación:

```
AT+CMGS="destinatario" + CR + mensaje a enviar + Ctrl+Z'
```

Con estas dos líneas es posible realizar el envío de un mensaje de texto a través del módem. Las características del cuerpo del mensaje deben contener combinación secreta de palabras que el dispositivo móvil debe validar. La combinación seleccionada para realizar esto es la siguiente:

```
" ;BEGIN;transmit;SERVER;número_de_iteraciones".
```

El número de iteraciones corresponde al número de veces que el dispositivo móvil deberá enviar datos al servidor, para utilizar los recursos del sistema únicamente cuando sea requerido. Una ventaja de este tipo de activación es que se realice desde cualquier celular y los únicos parámetros que necesitan son el número de teléfono y la combinación de palabras.

El envío de notificaciones consiste a través de mensajes de texto a un número de celulares que el usuario puede definir. Las notificaciones serán enviadas cuando se realice localmente la activación del sistema.

La recopilación y envío de la información se hace desde el dispositivo por medio de cualquiera de las dos formas de activación. El sistema envía las notificaciones a otros celulares.

El dispositivo móvil solicita al módulo GPS las coordenadas actuales y selecciona y guarda los datos de latitud y longitud. Estos datos son enviados al servidor mediante el protocolo HTTP.

A la sentencia que se va a enviar se le agregan los datos de usuario y una contraseña. Este etiquetado se hace para saber a dónde va dirigida la información, por ejemplo, si en el servidor existe información de 4 usuarios, es necesario saber de quién provienen los datos recibidos.

El tiempo para recibir la información de las coordenadas desde el módulo GPS es de 1 a 5 segundos. La conexión al servidor requiere más tiempo: para efectuar una conexión al servidor web, es necesario realizar los siguientes pasos:

- Configurar el acceso GPRS
- Configurar el Stack TCP/IP
- Activar contexto GPRS
- Definir el destino de la conexión (peer)
- Requerir que la conexión sea abierta (socket)
- Intercambio de datos
- Cerrar la conexión TCP dejando el GPRS activo

CAPÍTULO 4

Presentación al usuario

4.1 Presentación

Contempla la interfaz entre el usuario y el sistema a través del servidor web, es decir, la manera de acceso al sistema, activación remota, despliegue y visualización de la información.

La presentación incluye interfaz amigable al usuario. Como se ha explicado, el sistema está diseñado para uso particular y, por lo tanto, la interfaz debe ser lo más simple posible.

Para acceder al sistema es necesario un dispositivo con conexión a internet y con explorador web. Para uso de pruebas, no se utilizó un dominio, sino IP pública. Al ingresar la dirección IP en el explorador web se despliega la página principal en donde se solicita usuario y contraseña.

Existe pestaña de visualización de datos. En esta pestaña se puede visualizar la información del usuario y realizar modificaciones a la misma.

Existe otra pestaña para activación remota. Contiene únicamente un botón de activación, que al ser presionado envía la notificación vía SMS al dispositivo móvil para iniciar la transmisión de información.

Otra pestaña contiene los datos de coordenadas y facilita la visualización de los datos al presentar la información al usuario, ya que cuenta con número correlativo para visualizar un punto en Google® Maps.

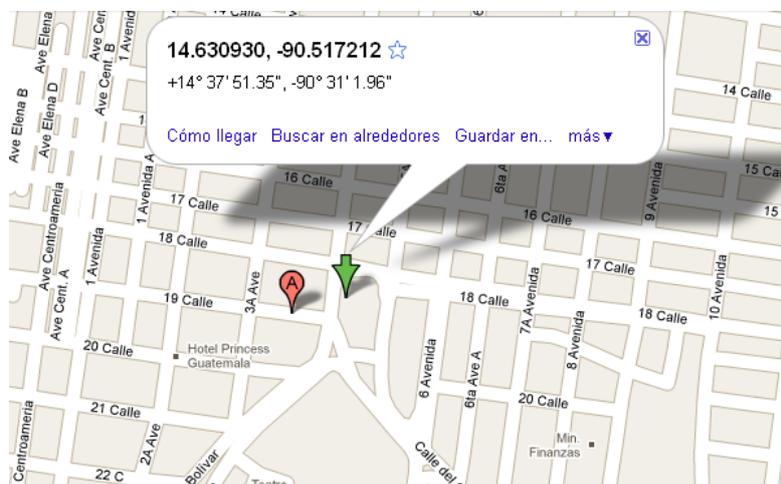


Figura 16. Visualización de coordenadas.

Finalmente una última pestaña permite generar archivo de rutas para visualizar en Google® Earth. Esto permite seleccionar un rango de coordenadas, por ejemplo, un recorrido de 25 coordenadas recibidas, con duración aproximada de 10 minutos.



Figura 17. Recorrido en Google® Earth.

CAPÍTULO 5

Sistema GPS

¿Existe un sistema de navegación con cobertura a nivel mundial y sumamente preciso? Es una pregunta que no habría tenido respuesta hace 100 años, pero con los avances en la tecnología, ahora es posible. Su precisión es tan buena que puede indicar la posición de un objeto con error menor de 5 metros. Su funcionamiento y los detalles detrás de este sistema son presentados a continuación.

5.1 GPS

El sistema de posicionamiento global (GPS) es sistema de localización que funciona a nivel mundial y se basa en una constelación de 24 satélites, cuyas órbitas están cuidadosamente diseñadas para que se cubra cualquier punto del globo terrestre con al menos 3 satélites en cualquier hora del día. Estas órbitas se monitorean constantemente desde la tierra en estaciones terrestres, para garantizar la adecuada cobertura a nivel mundial. El fin del sistema GPS es determinar la posición de un objeto en cualquier parte de la tierra, las 24 horas del día, los 365 días del año, sin importar el tipo de terreno, altura, país donde se encuentre y situación climatológica.

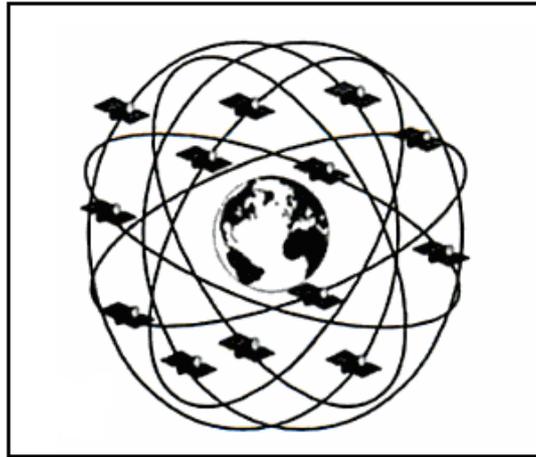


Figura 18. Órbitas de los satélites del Sistema GPS. [1].

5.2 Historia

El sistema GPS se concibió en la década de los 60's y representó la consolidación de otros proyectos de navegación. No fue hasta en 1974 que otros cuerpos militares juntaron sus esfuerzos y renombraron el proyecto a Navstar Global Positioning System. El costo del desarrollo del proyecto fue de alrededor de 10,000 millones de dólares y fue declarado completamente operacional en 1995.

El sistema GPS se divide en un sistema que es únicamente para civiles y otro para militares. Esta idea surgió luego de las pruebas iniciales del proyecto que se realizaron en 1972 y demostraban que el sistema podía triangular ubicaciones con margen de error menor a 15 metros. Esto alarmó al gobierno de los Estados Unidos y pensaron que su propio sistema podía hacerlos

vulnerables a ataques terroristas, específicamente a instalaciones del Estado. [1].

Los GPS militares están diseñados para presentar un error no mayor de 16 metros, aunque pueden llegar a tener errores no mayores de hasta 1 metro y los GPS civiles tenían margen de error, que iba desde los 15 hasta los 100 metros. El tipo de sistema que usaban estos últimos estaba sujeto a lo que se conoce como disponibilidad selectiva, que era la técnica empleada por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos para limitar la precisión de los receptores. Esto fue hasta el año 2000 cuando el gobierno eliminó la disponibilidad selectiva, de manera que los receptores GPS de uso civil tienen precisión de aproximadamente 15 metros.

5.3 Datos Técnicos del Sistema GPS

- Altitud de los satélites: 23,000 metros. [2].
- Número total de satélites: 27 (24 activos y 3 de redundancia)
- Número de órbitas: 6
- Vida útil de cada satélite: 7.5 años.
- Señal RF utilizada para los receptores
 - o 1575 MHz para uso civil
 - o 1227.6 MHz para uso militar
- Cobertura: Mundial.
- Exactitud de la posición: En la mayoría de los casos, margen de error menor a los 15 metros, para uso civil.

5.4 Reloj atómico

El elemento principal del funcionamiento del sistema GPS son los relojes atómicos de cesio, que permiten una sincronía entre los satélites y los receptores.

Reloj atómico es un tipo de reloj que basa su funcionamiento en ciclos de resonancia atómica para medir el tiempo, es decir, que depende de las propiedades intrínsecas de los átomos.

Una de las desventajas que tenían estos relojes era su gran tamaño y consumo alto de potencia. Esto fue hasta 2004 cuando el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología hizo la demostración del primer reloj atómico de cesio, del tamaño de un circuito integrado, que era 100 veces más pequeño que los relojes construidos hasta esa época y consumía únicamente 79mW .

5.5 Funcionamiento del sistema GPS

La finalidad del sistema GPS es transmitir los datos de posicionamiento en un momento determinado a un usuario.

El sistema consta de 3 partes fundamentales:

- Segmento de control terrestre.
- Segmento espacial.
- Segmento de usuario.

5.5.1 Segmento terrestre

Una de las funciones de las estaciones terrestres es rastrear los satélites para verificar sus órbitas exactas y enviar toda la información orbital a cada satélite, con el fin que estos puedan transmitirla a los receptores en la tierra. Las estaciones terrestres tienen también la función de sincronizar los relojes atómicos de cada satélite. La hora que maneja este sistema se conoce como hora GPS, pero puede ser convertida fácilmente en Tiempo Universal Coordinado (UTC).

5.5.2 Segmento espacial

El segmento espacial se refiere a los 24 satélites activos que conforman el sistema y la información que envía cada uno de estos. Los satélites emiten un código pseudo-aleatorio que se repite cada milisegundo y sirve como

referencia para efectuar sincronía entre un satélite y un receptor GPS que se encuentra en algún punto del globo terrestre.

5.5.3 Segmento de usuario

Se refiere a los receptores GPS. Los receptores GPS solo escuchan la transmisión del satélite y no interactúan ni proporcionan ninguna retroalimentación, por lo que el número de usuarios simultáneos es ilimitado.

Para comenzar el procedimiento de localización, el reloj del satélite se sincroniza con el reloj menos preciso del receptor (que es de cuarzo). Luego, el satélite envía el código pseudo-aleatorio al receptor. Este, luego de recibir la señal del satélite, la compara con la señal de código pseudo-aleatorio que el receptor genera internamente y hace los cálculos necesarios para saber con qué retardo recibió la señal, es decir, cuánto tiempo transcurrió para recibir la señal que el satélite envió. Este tiempo es importante, ya que es indispensable para efectuar el cálculo de la distancia entre el receptor y un satélite en específico.

La sincronía entre el reloj del satélite y el del receptor es también importante, ya que el error de un microsegundo (1×10^{-6}) corresponde a error de 300 metros en la lectura de la posición.

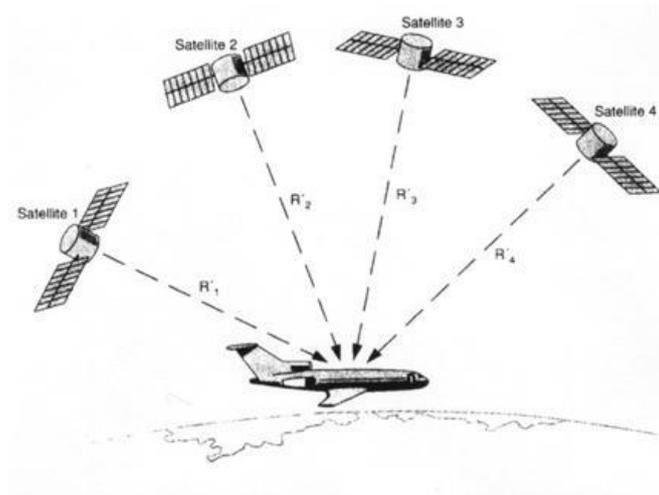


Figura 19. Distancias entre satélites y receptor GPS.

Luego de haber hecho el cálculo correspondiente del tiempo que tarda la señal en viajar, es posible determinar la distancia entre el satélite y el receptor. Esto se hace con simple ecuación de movimiento rectilíneo uniforme. La onda viaja a aproximadamente la velocidad de la luz (3×10^8 m/s) y conociendo el tiempo en llegar a nuestro receptor, se puede calcular la distancia al multiplicar la velocidad de la luz por el tiempo.

$$\text{distancia} = \text{velocidad de la luz} * \text{tiempo}$$

Este proceso del cálculo de tiempo se realiza con 2 satélites más, con el fin de triangular la posición del receptor, es decir, calcular la posición absoluta del receptor en base a las tres distancias medidas y las posiciones conocidas de los satélites.

5.6 Triangulación

La triangulación en geodesia es un método para encontrar la posición de un punto desconocido, a partir de distancias conocidas hacia puntos con posiciones conocidas. Para explicarlo de manera clara, hablaremos primero acerca de triangulación en planos 2D, en cuyo caso se necesita conocer la posición de 3 puntos y la distancia de éstos hacia el punto desconocido.

El primer paso es trazar un círculo de radio r_1 igual a la distancia entre el primer punto conocido y el punto desconocido (punto que se desea triangular), con el centro en el primer punto conocido. Esto significa que la posición del punto puede ser cualquier punto de la circunferencia. Si se traza un segundo círculo con el centro en el segundo punto conocido y radio r_2 , igual a la distancia entre el segundo punto conocido y el punto desconocido, se verá que éste coincide con el primero en 2 puntos, uno de los que puede ser el punto que estamos buscando.

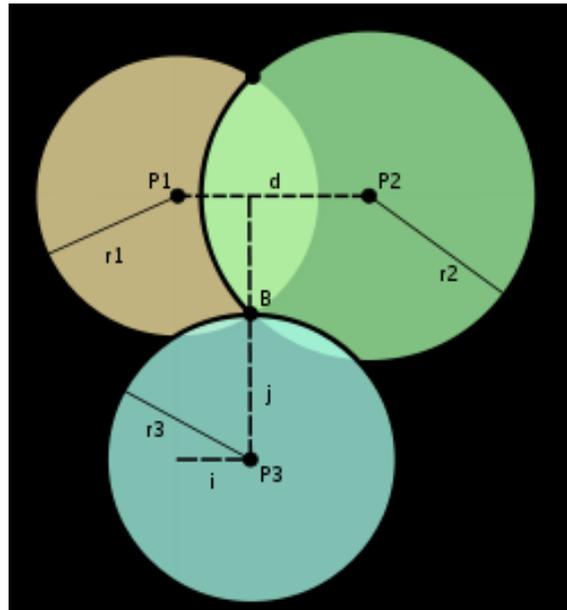


Figura 20. Triangulación 2D con 3 puntos conocidos.

Al trazar un tercer círculo se puede observar que las tres circunferencias coinciden en un único punto, que es el punto que se está buscando.

Al igual que la triangulación en 2D, la triangulación en 3D, utilizada en el sistema GPS, consiste en conocer la posición de 4 puntos sabidos y la distancia de estos hacia el punto desconocido. La diferencia es que ahora se trazan esferas centradas en los puntos conocidos, de radio r , igual a la distancia entre los puntos conocidos y el punto desconocido.

Al trazar la primera esfera se puede saber que el punto buscado está en cualquier punto limitado por la superficie de la esfera. Después de trazar la segunda esfera, el punto resultante puede estar en la zona delimitada por el perímetro de la circunferencia resultante, que es donde se interceptan las dos esferas.

Al trazar una tercera esfera quedan dos posibles soluciones de las que se elimina una al trazar la última esfera de radio r_4 . Después de este último paso, las 4 esferas se interceptan en un punto, que es el punto que se está buscando. Este punto en geodesia es un resultado en coordenadas de latitud y longitud, que equivalen a algún punto en el globo terrestre. El sistema de coordenadas que el sistema GPS utiliza es el WGS84.

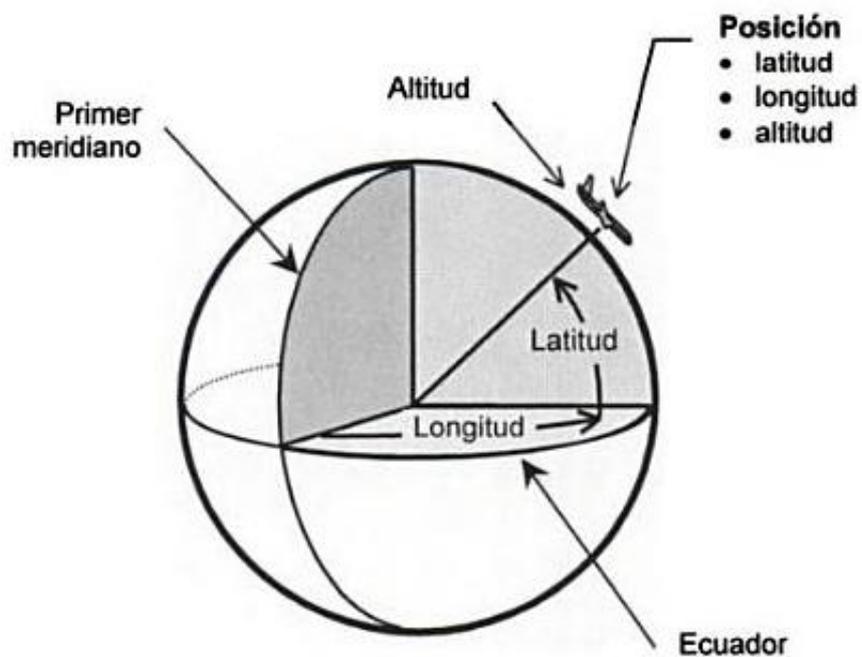


Figura 21. Coordenadas geográficas.

El despliegue del punto calculado depende del receptor GPS, ya que algunos se limitan a mostrar el resultado como simples coordenadas, otras enseñan la posición en un mapa de manera gráfica y cómoda.

Conocer un cuarto punto no es necesario en algunos casos, ya que si se sabe la altitud a la que se encuentra el objeto, se puede eliminar uno de los puntos posibles que contenga posición inconsistente.

CAPÍTULO 6

6.1 Estándar GSM

La principal diferencia entre el estándar GSM y sus antecesores, es que el estándar es digital. Tanto sus canales de voz como la señal que utiliza para comunicarse son digitales, por esta razón permite también la navegación en internet, envío de mensajes multimedia y mensajes SMS. Admite que los usuarios empleen el mismo dispositivo móvil en otros países mediante el servicio de roaming.

GSM es una red celular, esto significa que los dispositivos móviles que quieran hacer uso de ella, necesitan registrarse en la celda (también conocida como estación base o torre de transmisión) más cercana, de esta manera lograrán comunicarse con otros equipos al utilizar este estándar. El área de cobertura de cada celda depende del ambiente en que se encuentre, es decir, la altura a la cual se encuentre, la potencia que esta irradie, el lugar donde esté instalada, el tipo de terreno, si está ubicada en un área rural o urbana, etc.

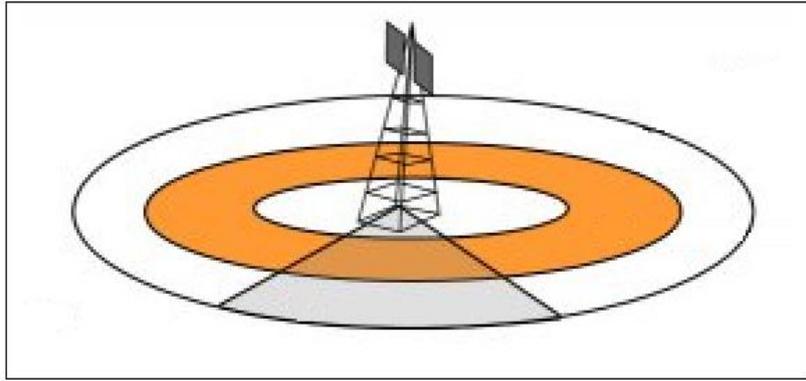


Figura 22. Estación base y rango de cobertura.

A pesar de que la cobertura de una celda se ve afectada por sus condiciones, se dice que varía considerablemente por la frecuencia de la portadora que utiliza.

La manera como se transmite la señal es mediante ondas de radio para transferir información desde y hacia el dispositivo móvil. Todas las celdas están enlazadas a conmutadores para interconectarse con las redes de telefonía fija, pública y redes de otros operadores. Al registrarse el dispositivo en la red, la celda le asigna un canal de radio. Si el dispositivo móvil está en movimiento, cuando detecte una celda con señal de mayor intensidad, un conmutador solicita al dispositivo y a la nueva celda trasladarse a un nuevo canal de radio, para que la calidad del servicio siempre sea la mejor.

6.2 Estructura de la Red

La red GSM está estructurada de la siguiente manera:

- El subsistema de estaciones base
- El subsistema de red y de conmutación
- El núcleo de red GPRS
- El sistema de soporte de operaciones (OSS)

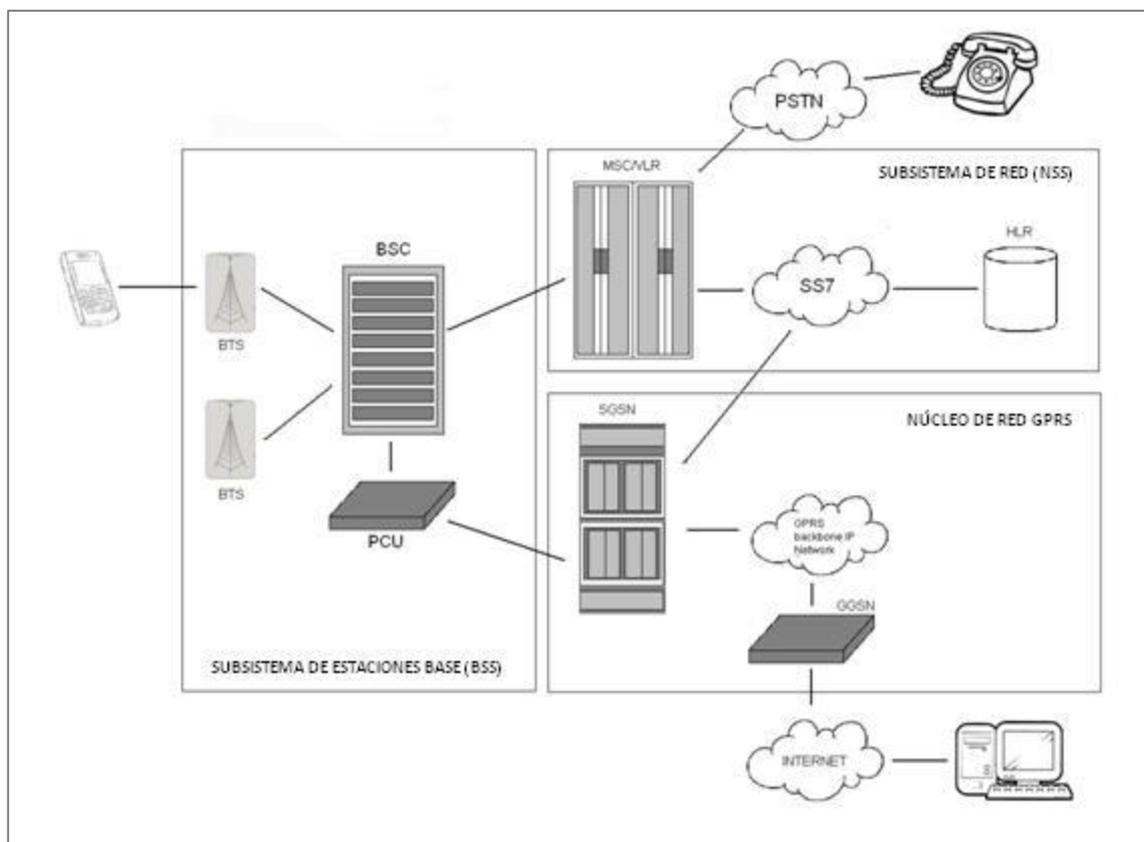


Figura 23. Diagrama de interconexión de red GSM.

6.2.1 Subsistema de Estaciones Base

Se compone de dos partes:

- Transceptor de la Estación Base (BTS)
- Controlador de la Estación Base (BSC)

6.2.1.1 Transceptor de la Estación Base

Corresponde a los transceptores y antenas, que son utilizados en cada celda de la red. Las BTS son las encargadas de transmitir las señales, que son recibidas por los dispositivos móviles de los usuarios de la red y les permite conectarse y comunicarse con otros equipos dentro o fuera de la red.

6.2.1.2 Controlador de la Estación Base

Controla los recursos de radio para una o más BTS. Es el encargado de controlar la frecuencia, el radio y los demás parámetros que permiten que un dispositivo móvil en la red se conecte con el centro de conmutación móvil (MSC). También es el encargado de traducir el canal de voz de 32kbps utilizado en el enlace de radio al canal de voz de 64kbps usado en la red telefónica pública.

6.2.2 Subsistema de red y de conmutación

Se compone de los siguientes sistemas:

- Centro de Conmutación Móvil (MSC)
- Registro de Ubicación Base (HLR)

6.2.2.1 Centro de Conmutación Móvil (MSC)

Es el encargado de la transmisión de datos, voz y servicios de fax, así como servicios de mensajes cortos y desvío de llamadas para los teléfonos móviles dentro de su área de servicio. Dicho de otra manera, es el elemento principal dentro del subsistema de red y de conmutación. También es el encargado de direccionar las llamadas desde su origen a su destino

6.2.2.2 Centro de Ubicación Base

Es una base de datos en el subsistema de red y conmutación que contiene datos acerca del usuario, tales como su ubicación (celda en la que está registrado el móvil), si posee conexión activa, información del abonado, etc. También guarda la información de la tarjeta SIM y de la Estación Móvil de la Red Digital de Servicios Integrados (MSISDN). Antes de direccionar la llamada

o conceder algún servicio, el MSC consulta al HLR si el abonado posee el privilegio de utilizar dicho servicio o realizar la llamada.

6.3 Módulo de Identificador del Suscriptor

El fin de la tarjeta SIM es guardar datos del suscriptor, que son necesarios para identificarse y registrarse en la red del operador. Los datos más importantes son el número de Tarjeta de Identificación de Circuito Internacional (ICC-ID), el número de Identidad de Suscriptor Móvil Internacional (IMSI), la clave de Autenticación y la Identificación de Área Local (LAI).

Adicionalmente puede guardar otros datos como el número de Centro de Servicio de Mensajes Cortos (SMSC), el Nombre de Proveedor de Servicio (SPN), los Números de Servicio de Mercado (SND) y los Servicios de Valor Agregado (SVA).

6.4 Proceso de autenticación

Antes de explicar el proceso de autenticación, es necesario definir los parámetros que requiere esto:

- IMSI: Es un número mediante el que las tarjetas SIM se identifican en la red de un operador móvil. Es la manera mediante la que los

operadores conectan las llamadas a los móviles y se comunican con las tarjetas SIM comercializadas.

- Clave de autenticación (Ki): Es un número de 16 bytes usado para autenticar las tarjetas SIM en la red. Es única en cada SIM y es asignada por el operador. Este número se almacena en una base de datos llamada Centro de Autenticación (AuC).

El proceso mediante el que se autentica un dispositivo en la red de un operador. Se efectúa de la siguiente manera:

- Al encenderse el dispositivo móvil, este envía el número de IMSI registrado en la SIM solicitando su autenticación y acceso.
- El operador busca en su base de datos dicho IMSI y la clave de autenticación relacionada.
- El operador genera un número aleatorio (RAND) y lo firma con su clave de autenticación. El resultado es SRES_1 (Número de respuesta firmada 1).
- El RAND es enviado al móvil y al recibirlo se firma con el número de clave de autenticación que tiene registrado la SIM. El resultado es SRES_2 (Número de respuesta firmada 2). Posteriormente se envía de vuelta a la red del operador.
- En teoría, las dos claves de autenticación deben coincidir, por lo tanto, ambos SRES. El operador compara ambos números y si los dos números coinciden, la SIM se autentica y se le concede el acceso a la red del operador.

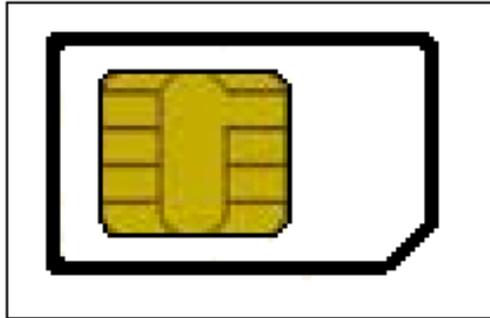


Figura 24.Tarjeta SIM.

6.5 GPRS

El servicio general de paquetes vía radio (GPRS) es una extensión de GSM. El sistema global para las comunicaciones móviles GSM es también conocido como 2G (segunda generación de telefonía móvil) y GPRS es conocido como 2.5G ó antecesor de la tecnología 3G.

La tecnología GPRS hace referencia a un punto de acceso (APN) para lograr una conexión a internet. Mediante esta conexión se puede utilizar el dispositivo móvil para conectarse a la WWW, WAP (Protocolo de Aplicación Inalámbrica) o Servicio de Mensajes Cortos, entre otros.

Para especificar un APN, se solicita un nombre, usuario, contraseña y dependiendo del servicio una dirección IP, en caso que se tratara de una dirección IP estática. Todo lo anterior es proporcionado por el operador de la red. En el caso de una conversación, se utiliza el estándar GSM o 2G y la transferencia de información se cobra por tiempo conversado. Cuando se utiliza GPRS, el cobro se hace por cantidad de información transmitida, tanto

desde el dispositivo móvil (datos enviados) como entrante al dispositivo (datos recibidos).

GPRS, al ser una extensión de GSM, mejora los siguientes servicios:

- Servicio de mensajes multimedia (MMS)
- Mensajería Instantánea
- Servicios P2P
- Servicio de mensajes Cortos
- Posibilidad de utilizar el dispositivo como módem
- Recepción/Envío de Correo Electrónico
- Conexión entre dispositivos móviles
- Conexión remota

6.6 Enhanced Data Rates for GSM Evolution (EDGE)

EDGE es la evolución del sistema GSM para la interconexión de datos. La principal característica de EDGE es que se basa en la conmutación por paquetes, por lo que permite visualizar videos por demanda u otros servicios multimedia que requieren ancho de banda de mayor capacidad que GPRS.

Las velocidades de transmisión de EGDE pueden alcanzar hasta los 384kbps, que cumple los requisitos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) para una red 3G.

6.7 Velocidades de transferencia

El servicio GPRS puede darse en diferentes tecnologías, que permiten cierto límite de velocidad de transferencia, tanto de subida como de bajada. En cuanto a las tecnologías, existen las siguientes (se toma en cuenta EDGE o EGPRS):

Tecnología	Velocidad descarga (kbps)	Velocidad subida (kbps)
CSD	9.6	9.6
HSCSD	28.8	14.4
HSCSD	43.2	14.4
GPRS	80.0	20.0 (Clase 8 y 10)
GPRS	60.0	40.0 (Clase 10)
EGPRS (EDGE)	236.00	59.2 (Clase 8 y 10)
EGPRS (EDGE)	177.6	118.4 (Clase 10)

Tabla 3. Velocidades de transferencia. [3].

6.9 Centro de mensajes cortos (SMSC)

Un centro de mensajes cortos es el sistema que administra el envío y recepción de mensajes cortos en los dispositivos móviles de una red. La

función de este sistema es almacenar los mensajes recibidos por dispositivo móvil u otra fuente hasta ser enviados al destinatario, verificar el estado de un usuario antes de enviarle un mensaje, y verificar el estado de los usuarios que tienen mensajes pendientes.

CONCLUSIONES

- El sistema de posicionamiento satelital GPS es el sistema más utilizado a nivel mundial, gracias a su disponibilidad y precisión, que se debe a todos los años de investigación invertidos en dicho sistema.
- La precisión del sistema se debe a sus satélites estratégicamente posicionados, pero la calidad del receptor puede mejorar o empeorar dicha precisión
- La señal del sistema GPS puede verse afectada por edificios, árboles y montañas, pero existen soluciones del mismo sistema para que su funcionalidad siga siendo la misma
- La red móvil GSM es la de mayor crecimiento y más utilizada a nivel mundial para la comunicación entre personas, ya que es totalmente digital y permite la interconexión a otras redes, tales como internet.
- Las redes móviles GSM hasta el momento no poseen cobertura en los océanos.
- Al no utilizar canales de voz, los paquetes de datos en las redes móviles resultan una manera más económica de comunicación entre usuarios.
- Para comunicarse con un dispositivo autenticado en la red de un operador por medio del protocolo IP, es necesario estar dentro del dominio de la red o poseer una VPN para atravesar el Gateway de dicha red.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

[1] Letham, Lawrence, *GPS fácil. Uso del sistema de posicionamiento global*, Primera edición, Barcelona: Editorial Paidotribo.

[2] Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, “The Global Positioning System”, disponible en:

http://www.cfa.harvard.edu/space_geodesy/ATLAS/gps.html

[3] Wikipedia, la Enciclopedia Libre, “Servicio general de paquetes vía radio”, Noviembre de 2012, disponible en:

http://es.wikipedia.org/wiki/Servicio_general_de_paquetes_v%C3%ADa_radio

[4] Xu, GuoChang, *GPS Theory Algorithms and applications*, Segunda Edicion, Alemania: Editorial Springer, 2007.

[5] Correia, Paul, *Guía práctica del GPS*, Barcelona: Editorial Marcombo, 2000

[6] Jörg Eberspächer, Hans-Jörg Vöguel, Christian Bettstetter, Christian Hartmann, *GSM, architecture, protocols and services*, Tercera edición, Reino Unido: Editorial Wiley, 2009

[7] Zvonar, Zoran, Jung, Peter, Karl Kammerlander, *GSM Evolution Towards 3G systems*, Nueva York: Kluwer Academic Publishers, 2002.