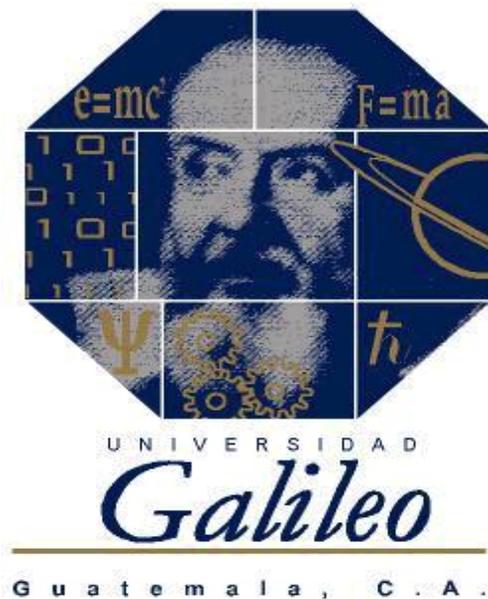


Luis Daniel Lanuza Sandoval

Sistema de localización por medio de SMS o
GPRS



FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS,
INFORMATICA Y CIENCIAS DE LA
COMPUTACION
GUATEMALA, 2008

Esta Tesis fue elaborada por el autor
Como requisito para obtener el título de
INGENIERO EN ELECTRONICA
INFORMATICA Y CIENCIAS DE LA
COMPUTACION
Guatemala, Enero de 2008

Dedico este proyecto a mi familia y amistades las cuales me ayudaron con su apoyo incondicional a ampliar mis conocimientos y estar más cerca de mis metas profesionales.

Agradecimientos

Quisiera agradecer especialmente a:

- A Dios por darme la vida y permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi vida y lograr una meta más.
- A mis padres a quienes agradezco de corazón por su amor, cariño, comprensión y por el apoyo incondicional que me dieron a lo largo de la carrera.
- Agradezco a mis hermanos por la compañía y el apoyo que me brindan. Se que cuento con ellos siempre.
- A la familia y a todas aquellas personas que me han apoyado en el transcurso de mi vida.

ÍNDICE

CAPITULO I	7
1. INTRODUCCIÓN	7
CAPITULO II	9
2. GPS	9
2.1. HISTORIA DEL GPS	9
2.1.1. <i>Sistema Transit</i>	9
2.1.2. <i>Navstar-GPS. Sistema de posicionamiento global (GPS)</i>	11
2.2. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA GPS	11
2.3. PRINCIPIO DE TRIANGULACIÓN DEL GPS	12
2.3.1. <i>Triangulación en dos dimensiones</i>	12
2.3.2. <i>Triangulación en tres dimensiones</i>	14
2.4. MEDICIÓN DE LA DISTANCIA	15
2.5. ERRORES DE RECEPCIÓN.....	17
2.5.1. <i>Error del reloj del satélite</i>	17
2.5.2. <i>Errores de órbita en satélite</i>	18
2.5.3. <i>Errores relativos a la propagación de la señal</i>	18
2.5.4. <i>Refracción Ionosférica</i>	19
2.5.5. <i>Refracción Troposférica</i>	19
2.5.6. <i>Efecto Multipath</i>	19
2.5.7. <i>Error del reloj del receptor</i>	20
CAPITULO III	22
3. SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS	22
3.1. LATITUD.....	22
3.2. LONGITUD	22
CAPITULO IV	24
4. GSM	24
4.1. HISTORIA DE GSM	24
4.2. SERVICIOS PROPORCIONADOS POR GSM	25
4.3. ASPECTOS DEL CANAL DE RADIO	27
4.4. ARQUITECTURA DE LA RED GSM	28
4.4.1. <i>Estación móvil</i>	30
4.4.2. <i>Subsistema de la Estación base</i>	31
4.4.3. <i>Subsistema de la Red</i>	32
4.5. ESTRUCTURA DEL CANAL DE GSM	32
4.5.1. <i>Canales de Tráfico</i>	32
4.5.2. <i>Canales de Control</i>	33
4.5.3. <i>Estructura de las ráfagas de 26-Multiframe</i>	35
4.6. PROCESO DE CODIFICACIÓN Y ENVIÓ DE INFORMACIÓN	37
4.6.1. <i>Codificación de audio</i>	39
4.6.2. <i>Codificación del Canal</i>	39
4.6.3. <i>Interleaving</i>	42
4.6.4. <i>Ensamble de las ráfagas</i>	43

	5
4.6.5. Encriptación	43
4.6.6. Modulación	44
CAPITULO V	46
4. SMS	46
5.1. PRINCIPIO DE OPERACIÓN DE SMS	46
5.1.1. Envío de SMS en formato de texto	47
5.1.2. Envío de SMS en formato PDU	47
5.2.1. Periodo de validez de un SMS	49
5.2.2. Informe de estatus de un SMS.....	50
5.2.3. Informe de envío de un SMS.....	50
5.2.4. Informe de entrega de un SMS.....	51
5.3. PROCESO DE ENVÍO DE UN SMS.....	52
CAPITULO VI	55
6. GPRS	55
6.2. ARQUITECTURA DE UNA RED DE GPRS	56
CAPITULO VII	60
7. MODULO GM862-GPS	60
7.1. ARQUITECTURA DEL MODULO GM862-GPS.....	60
7.1.1. Memoria ROM.....	61
7.1.2. Interprete de Python	61
7.1.3. Modulo MDM.....	61
7.1.4. Puerto Serial Virtual AT.....	61
7.1.5. Comandos AT	62
7.1.6. MODEM GPRS	62
7.1.7. GSM-GPRS Protocol Stack	62
7.1.8. RAM GSM-GPRS	62
7.1.9. RAM para Python.....	63
7.2. HARDWARE DEL MODULO GM862-GPS.....	63
7.2.1. Dimensiones	63
7.2.2. Frecuencia de operación	63
7.2.3. Antenas	64
7.3. SOFTWARE DEL MODULO GM862-GPS	66
CAPITULO VIII	67
8. SISTEMA DE LOCALIZACION POR MEDIO DE SMS	67
8.1. DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO DE LOCALIZACIÓN.....	69
8.2. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE UTILIZADO	70
8.3. EJEMPLO DE LA APLICACIÓN POR MEDIO DE SMS	72
8.4. SISTEMA DE LOCALIZACIÓN POR MEDIO DE GPRS	73
8.4.1 Descripción del software utilizado:	74
8.4.2 Descripción de la aplicación web	76
CAPITULO IX.....	78

9. ANEXOS	78
9.1 Python	78
CAPITULO X.....	82
10. CONCLUSIONES	82
CAPITULO XI.....	84
8. BIBLIOGRAFÍA	84

CAPITULO I

1. Introducción

En este proyecto se propone una solución para el problema de la localización de carros robados.

Este sistema esta basado en el uso de las tecnologías de GPS, GPRS y GSM. Gracias a los avances de la tecnología es posible usar estas tres tecnologías en conjunto para poder determinar la ubicación de un carro. Este proyecto se enfoca en la localización de carros robados, se presenta la limitación que solo funciona donde hay cobertura de telefonía celular. Otra limitación de este proyecto es que solo nos va a informar de la ubicación actual del carro.

Como se uso la tecnología de GSM para poder estar informado donde se encuentra ubicado el carro. El sistema se encuentra limitado por la cobertura de la empresa de telefonía celular; por lo tanto este proyecto solo nos va a dar la información donde haya señal de esta empresa de telefonía celular.

Este sistema tiene cobertura en todo el país de Guatemala. Sin embargo si se quiere usar en el exterior, se puede usar este sistema en los lugares donde esta empresa telefónica nos da cobertura de roaming para extender el uso y poder determinar la ubicación del carro siempre y cuando haya roaming en el país que se quiera usar este sistema.

Para poder determinar la ubicación actual del carro se uso la tecnología de GPS. La única limitación que hay en este sistema es la visibilidad que por lo menos el sistema tenga a la vista tres satélites de GPS como mínimo para que se pueda llevar a cabo la triangulación.

Como la señal de GPS tiene cobertura en todo el mundo no nos limita a solo una región en particular. Además que por ser una señal gratuita se puede recibir sin la necesidad de realizar un pago extra, esto es ideal para determinar la ubicación ya que no se tiene un costo adicional.

CAPITULO II

2. GPS

El Sistema de Posicionamiento Global o Global Positioning System (GPS) aunque su nombre correcto es NAVSTAR-GPS (Navigation System and Ranging - Global Position System) el cual permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona, un carro o un avión, con una precisión hasta de centímetros usando un GPS diferencial, aunque lo habitual son unos pocos metros. Este sistema fue desarrollado e instalado y actualmente operado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos.

2.1. HISTORIA DEL GPS

La tecnología de GPS ha ido cambiando conforme el tiempo el primer sistema de navegación basado en satélites fue el sistema Transit que empezó a funcionar en 1965. Después de este sistema se desarrollo el sistema NAVSTAR-GPS que empezó a funcionar en 1983.

2.1.1. Sistema Transit

Fue el primer sistema de navegación basado en satélites. A principios del año 1960 los Departamentos de Defensa, transporte y la Agencia Espacial de los Estados Unidos tomaron interés en desarrollar un sistema para determinar la posición basada en satélites. El sistema debía cumplir los requisitos de globalidad, abarcando toda la superficie del globo; continuidad,

funcionamiento continuo sin afectarle las condiciones atmosféricas; altamente dinámicas, para posibilitar su uso en aviación y en la marina.

El sistema Transit estaba constituido por una constelación de seis satélites en una órbita polar baja, a una altura de 1074 Km. Tal configuración conseguía una cobertura mundial pero no constante. La posibilidad de posicionarse era intermitente, pudiéndose acceder a los satélites cada 90 minutos. El cálculo de la posición requería que el receptor estuviera a la vista del satélite durante quince minutos continuamente.

El Sistema Transit trabajaba con dos señales en dos frecuencias distintas, para evitar los errores debidos a la perturbación de la ionosfera. El cálculo de la posición se basaba en la medida continua de la desviación de frecuencia Doppler de la señal recibida y su posterior comparación con tablas y gráficos.

El error del sistema Transit estaba en torno a los 250 metros. Su gran aplicación fue la navegación de submarinos y de barcos.

Este sistema tenía problemas el tiempo de espera del sistema ya que se tenía que esperar una hora con treinta minutos para poder ser atendido y después quince minutos más para poder conocer la ubicación. Este sistema también poseía la desventaja que daba la ubicación con un error de 250mts. Este sistema estuvo en operación hasta 1996.

2.1.2. Navstar-GPS. Sistema de posicionamiento global (GPS)

Este sistema se desarrollo debido a la Guerra fría ya que la Unión Soviética también logro desarrollar un sistema similar al sistema Transit; además de que se quería un sistema mas eficiente. Este sistema empezó a funciona en 1983.

El objetivo del sistema GPS era ofrecer a las fuerzas de los Estados Unidos la posibilidad de posicionarse (disponer de la posición geográfica) de forma autónoma o individual, de vehículos o de armamento, con un coste relativamente bajo, con disponibilidad global y sin restricciones temporales. La iniciativa, financiación y explotación corrieron a cargo del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, el GPS se concibió como un sistema militar estratégico.

2.2. Características del sistema GPS

Este Sistema Global de posicionamiento global lo componen:

- Sistema de satélites: Está formado por 24 unidades con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie de la tierra. Más concretamente, repartidos en 6 planos orbitales de 4 satélites cada uno. La energía eléctrica que requieren para su funcionamiento la adquieren a partir de dos paneles compuestos de celdas solares adosadas a sus lados.
- Estaciones terrestres: Envían información de control a los satélites para controlar las órbitas y realizar el mantenimiento de toda la constelación.
- Terminales receptores: Indica la posición en la que estamos, conocidas también como Unidades GPS.

2.3. Principio de triangulación del GPS

El funcionamiento del sistema GPS se basa también, al igual que los sistemas electrónicos antiguos de navegación, en el principio matemático de la triangulación. Por tanto, para calcular la posición de un punto será necesario que el receptor GPS determine con exactitud la distancia que lo separa de los satélites.

Con la aplicación del principio matemático de la triangulación podemos conocer el punto o lugar donde nos encontramos situados, e incluso rastrear y ubicar el origen de una transmisión por ondas de radio. El sistema GPS utiliza el mismo principio, pero en lugar de emplear círculos o líneas rectas crea esferas virtuales o imaginarias para lograr el mismo objetivo. Existen dos métodos triangulación en 2D y triangulación en 3D; a continuación se va a explicar el como funciona el principio de triangulación.

2.3.1. Triangulación en dos dimensiones

Supongamos que estamos perdidos en una ciudad y no sabemos donde estamos. Le preguntamos a una persona ¿donde estamos? Y ella nos responde a 100 Km por ejemplo de Retalhuleu, Retalhuleu.

Esto es interesante, porque puede no ser útil por si solo. Uno podría estar a un radio de 100 Km alrededor de Retalhuleu; como se muestra en la figura 2.1.

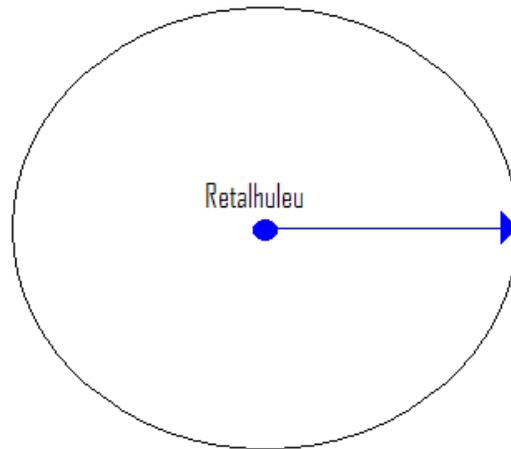


Figura 2.1. A 100 Km alrededor de Retalhuleu

Continuando se realiza la misma pregunta a otra persona y esta responde a 15 Km de Amatitlan, Amatitlan. Ahora si se combina esta información con la de Retalhuleu se tienen dos circunferencias que se interceptan. Ahora uno podría estar en cualquiera de los puntos donde se interceptan las circunferencias; como se muestra en la figura 2.2.

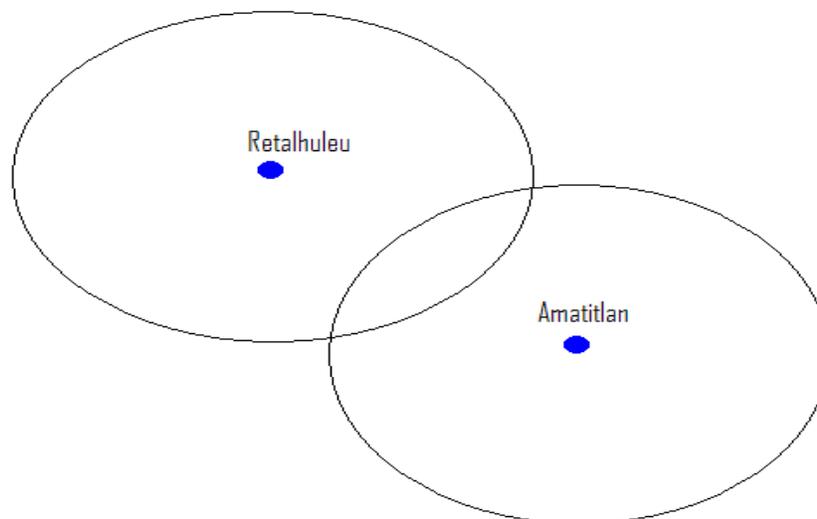


Figura 2.2. A 15 Km alrededor de Amatitlan y a 100 Km de Retalhuleu

Por ultimo se le realiza la pregunta a una tercera persona y esta responde que estamos a 65 Km de Panajachel, Sololá. Ahora ya se puede eliminar uno de los dos puntos y se puede saber exactamente en donde esta uno en Guatemala, Guatemala. Como se muestra en la figura 2.3.

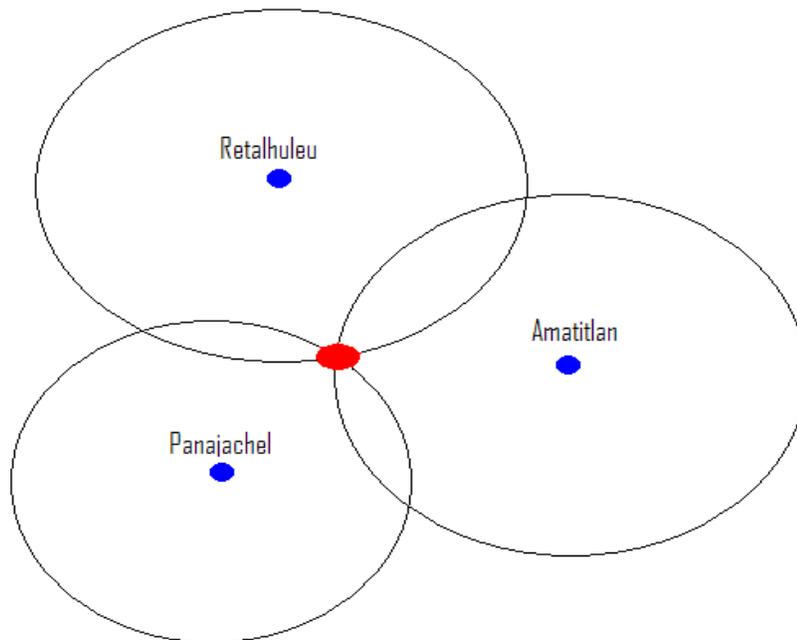


Figura 2.3. Resultado de la triangulación.

Este concepto funciona en espacio en tres dimensiones, sin embargo se trabaja con esferas en vez de circunferencias.

2.3.2. Triangulación en tres dimensiones

Fundamentalmente la triangulación en 3D no es muy diferente a la triangulación en 2D, sin embargo en un poco complicada de visualizar. Como

ya se había mencionado anteriormente en vez de circunferencias se usan esferas.

Si sabemos que estamos a 10 Km. del satélite A, podríamos estar en cualquier posición sobre la esfera. Además si sabemos que estamos a una distancia de 15 Km. del satélite B. Al realizar la intersección de las dos esferas queda una circunferencia; por ultimo si se sabe la distancia a al que se encuentra el tercer satélite, se puede tener otra esfera que intercepta a la circunferencia en dos puntos.

El planeta tierra puede actuar como una cuarta esfera eliminando así el punto que queda en el espacio. Generalmente los receptores utilizan cuatro o más satélites, para mejorar la precisión y también proveer información precisa sobre la altitud.

2.4 Medición de la distancia

El sistema GPS funciona midiendo el tiempo que tarda una señal de radio en llegar hasta el receptor desde un satélite y calculando luego la distancia a partir de ese tiempo.

DISTANCIA = VELOCIDAD DE LA LUZ x TIEMPO

Las ondas de radio viajan a la velocidad de la luz: 300.000 Km/seg en el vacío. Así, si podemos averiguar exactamente cuando recibimos esa señal de radio, podremos calcular cuanto tiempo ha empleado la señal en llegar hasta nosotros. Por lo tanto, solo nos falta multiplicar ese tiempo en segundos por la velocidad de la luz ($c=300.000$ Km./seg.) y el resultado será la distancia al satélite.

La clave de la medición del tiempo, consiste en averiguar exactamente cuando partió la señal del satélite. Para lograrlo se sincronizan los relojes de los satélites y de los receptores de manera que generen la misma señal exactamente a la misma hora. Por tanto, todo lo que hay que hacer es recibir la señal desde un satélite determinado y compararla con la señal generada en el receptor para calcular el desfase. La diferencia de fase será igual al tiempo que ha empleado la señal en llegar hasta el receptor.

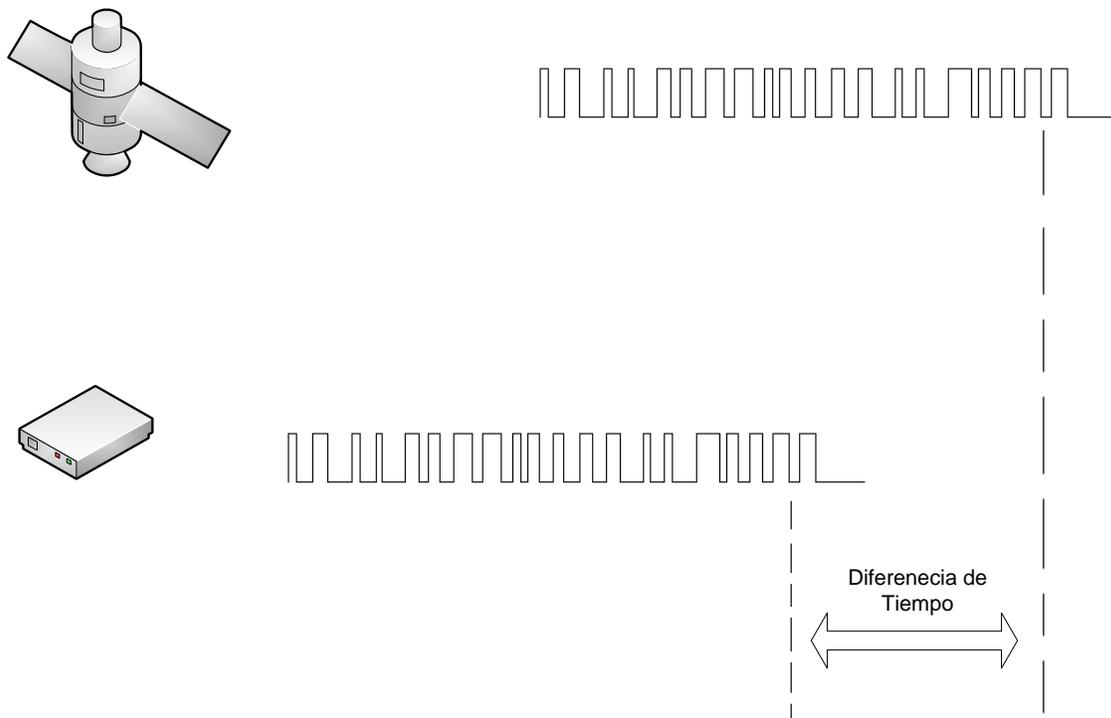


Figura 2.4. Calculo de la diferencia del tiempo.

Estos impulsos no son realmente aleatorios, sino que se trata de secuencias pseudo aleatorias cuidadosamente elegidas que en verdad se repiten cada milisegundo. Por lo que se conocen con el nombre de código pseudo aleatorio (PRN, Pseudo Random Noise).

2.5. Errores de recepción

Al igual que cualquier observación de topografía clásica, una observación GPS está sometida a varias fuentes de error que se pueden minimizar o eliminar según los equipos y metodología de observación que se utilice. Son diversos los errores que afectan a las mediciones de las distancias y por consiguiente al cálculo de la posición del receptor. Estos errores son los siguientes:

2.5.1. Error del reloj del satélite

Los satélites llevan relojes atómicos con osciladores de cesio o de rubidio, sin embargo ningún reloj, incluso el atómico es perfecto.

Los errores en los osciladores de los satélites pueden eliminarse mediante las correcciones enviadas en el mensaje de navegación que recibe el receptor, y que son calculadas y actualizadas por las estaciones de seguimiento. Para cada reloj de satélite se determina su desfase para una época inicial. Estos parámetros se graban en el correspondiente satélite y se incluyen en el mensaje de navegación que manda el satélite. Pero aunque el receptor aplique las correcciones para el error del reloj del satélite, sigue permaneciendo un pequeño error residual estimado en unos 10 nanosegundos o menos, y que es debido a la imposibilidad de predecir exactamente la marcha del estado del reloj del satélite.

2.5.2. Errores de órbita en satélite

Para calcular su posición, el receptor debe conocer las posiciones de los satélites. Las estaciones de seguimiento registran datos de pseudodistancia y medidas de fase que mandan a la Estación de Control principal, donde con un sofisticado software se predicen las futuras posiciones orbitales de los satélites.

Éstas son transmitidas en el mensaje de navegación del satélite. Pero las efemérides transmitidas por los satélites tendrán asociado un error a causa de que es imposible predecir exactamente sus posiciones.

2.5.3. Errores relativos a la propagación de la señal

La velocidad de propagación de la señal es crítica para cualquier sistema de medida de distancias. Esta velocidad multiplicada por el intervalo de tiempo en que se propagó la señal nos da una medida de la distancia. Si una onda electromagnética se propaga por el vacío, su velocidad de propagación, sea cual sea su frecuencia es la velocidad de la luz (c). Sin embargo, en el caso de observaciones GPS, las señales deben atravesar las capas de la atmósfera hasta llegar al receptor posicionado sobre la superficie de la tierra. Las señales interactúan con partículas cargadas, que provocan un cambio en la velocidad y dirección de propagación, es decir, las señales son refractadas. Cuando la señal viaja por un medio que no es el vacío, ésta sufre un retardo debido a que la velocidad de propagación es menor, ya que la trayectoria aumenta su longitud al curvarse por refracción

2.5.4. Refracción Ionosférica

La Ionosfera es aquella región de la atmósfera comprendida entre 100 y 1000 Km. de altitud, donde las radiaciones solares y otras radiaciones ionizan una porción de las moléculas gaseosas liberando electrones, que interfieren en la propagación de ondas de radio. La Ionosfera es un medio dispersor para ondas de radio, por lo tanto su índice de refracción es función de la frecuencia de la onda. También es función de la densidad de electrones, y en menor grado, de la intensidad del campo magnético de la tierra.

2.5.5. Refracción Troposférica

La Troposfera es la última zona o capa de la atmósfera (desde la superficie hasta unos 80 Km. de altitud, pero sólo en los últimos 40Km se producen retardos significativos), donde se produce retardo y donde las temperaturas decrecen con el incremento de altura. El espesor de la Troposfera no es el mismo en todas las zonas. La presencia de átomos y moléculas neutros en la Troposfera afecta a las señales de propagación electromagnética.

2.5.6. Efecto Multipath

El efecto multipath es causado principalmente por múltiples reflexiones de la señal emitida por el satélite en superficies cercanas al receptor. Estas

señales reflejadas que se superponen a la señal directa son siempre más largas, ya que tienen un tiempo de propagación más largo y pueden distorsionar significativamente la amplitud y forma de la onda.

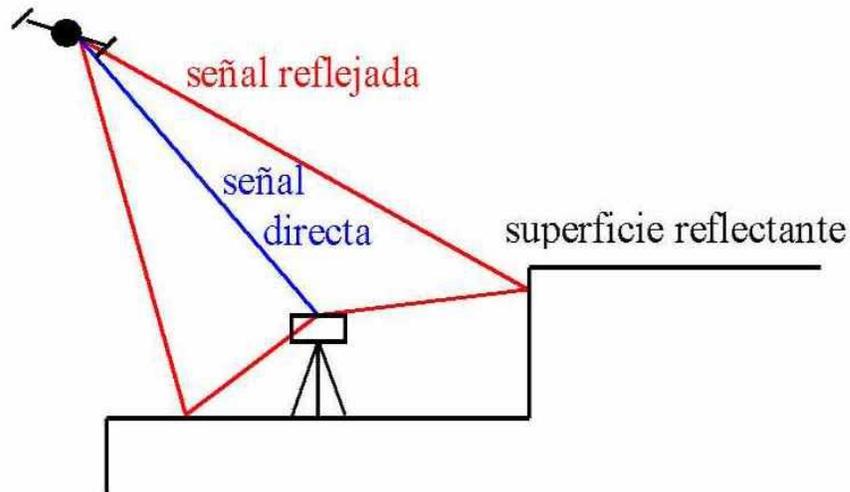


Figura 2.5. Efecto Multipath

2.5.7. Error del reloj del receptor

Cuando un receptor recibe una señal de un satélite, en ese momento su reloj interno tendrá un desfase o error con respecto a la Escala de Tiempo. Este error afectará a todas las medidas de pseudodistancias realizadas para cada medición.

A continuación se muestra tabla 2.1. con el margen de error producido por los diferentes errores en la recepción este margen de error es en promedio.

Error en recepción	Margen de Error en metros
Relojes de los satélites	1.5
Errores de órbitas	2.5
Ionosfera	5
Troposfera	0.5
Ruido del receptor	0.3
Multipath	0.6
Total	10.4

Tabla 2.1. Errores en la recepción.

CAPITULO III

3. Sistema de coordenadas Geográficas

Este sistema de coordenadas sirve para expresar cualquier punto sobre la tierra y está basado en el sistema de coordenadas esféricas.

La superficie de nuestro planeta se parece a una esfera y puede dividirse en pequeñas rejillas delimitadas por infinitas líneas imaginarias denominadas latitud y longitud.

3.1. Latitud

Es la medición de cualquier punto y el ecuador. Las líneas de latitud se llaman paralelos y son círculos paralelos al ecuador de la superficie de la tierra.

3.2. Longitud

Mide el ángulo a lo largo del ecuador desde cualquier punto de la Tierra. El meridiano que se toma como referencia es el meridiano que se usa como referencia es el de Greenwich esta es la longitud 0. Las líneas de longitud son círculos que pasan por los polos se llaman meridianos.

Combinando estos dos ángulos, se puede expresar cualquier posición sobre la superficie de la tierra. Por ejemplo si se tiene la latitud $14^{\circ}35'40.70''N$ y la longitud $90^{\circ}31'03.83''W$ es la ubicación de la ciudad de Guatemala.

En la figura 3.1. se puede observar una ubicación expresada en coordenadas geográficas estas coordenadas tiene una latitud de $58^{\circ}00'00''\text{N}$ y longitud de longitud $80^{\circ}00'00''\text{E}$.

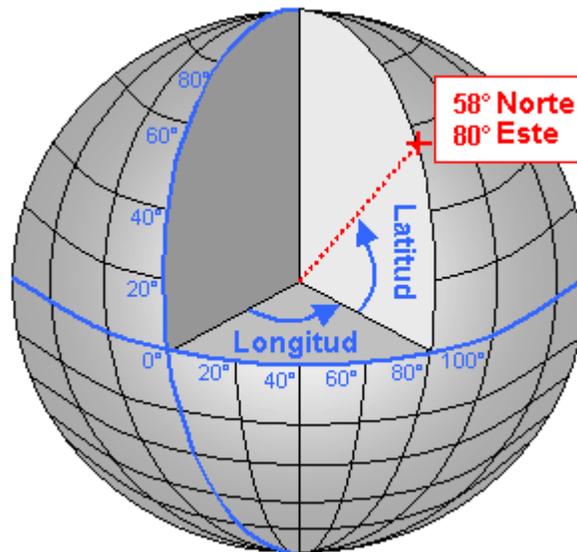


Figura 3.1. Sistema de coordenadas Geográficas.

CAPITULO IV

4. GSM

4.1. Historia de GSM

A principios de los años 1980, los sistemas de celular análogos experimentaron un rápido crecimiento en Europa, particularmente en Inglaterra y Escandinavia, pero también en Francia y Alemania. Cada país desarrolló su propio sistema, pero ningún sistema era compatible. Esta situación fue indeseable porque el equipo estaba limitado a la operación solo dentro de su país de origen. Esto limitaba el crecimiento de los equipos.

A principios de 1982 la CEPT (Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (por su siglas de su nombre en francés Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications) formó un grupo de estudio llamado GSM (Group Special Mobile) para desarrollar un sistema público. El sistema propuesto tenía que resolver ciertos criterios:

- Buena calidad cuando se habla
- Bajo costo de la Terminal y servicio
- Ayuda para roaming internacional
- Ayuda para nuevos servicios e instalaciones
- Eficacia espectral
- Compatibilidad con ISDN

En 1989 la responsabilidad de GSM fue transferida al ETSI (instituto europeo de los estándares de telecomunicaciones). La primera fase de GSM

fue publicada en 1990. El servicio comercial comenzó a mediados de 1991, y antes de 1993 ya había 36 redes de GSM en 22 países, con 25 países adicionales que ya estaban considerando GSM. A principios de 1994 ya habían 1.3 millones de suscriptores alrededor del mundo. Las siglas de GSM ahora convenientemente significan Sistema Global para las telecomunicaciones Móviles.

Los desarrolladores de GSM eligieron en ese entonces un sistema digital no probado, que se oponía al estándar de los celulares análogos como AMPS en Estados Unidos y TACS en Inglaterra. Ellos tuvieron fe que con los avances de algoritmos de compresión y los procesadores digitales permitirían una mejora del sistema en términos de calidad y costo.

4.2. Servicios proporcionados por GSM

A principios los desarrolladores GSM deseaban que hubiera compatibilidad con ISDN en los servicios ofrecidos y en la señal de control. Sin embargo la señal de radio de conexión impuso varias limitaciones, sin embargo el estándar de ISDN de una tasa de 64kps no se pudo lograr.

Usando la definición de la ITUT, los servicios de telecomunicaciones se pueden dividir en servicios de portador, tele servicios y servicios suplementarios. La naturaleza digital de GSM permite que los datos sincrónicos y asincrónicos sean transportados como servicio de la portadora desde una Terminal de ISDN.

Existen dos formas de transmisión de los datos transparente y no transparente. Cuando los datos que se transportan de forma transparente, no

se garantiza integridad de los datos y tiene un retardo fijo. Cuando los datos se transportan de forma no transparente garantiza la integridad de los datos a través de un mecanismo automático de la petición de la repetición de ARQ, pero con un retardo variable.

El servicio más básico que soporta GSM es telefonía. Además posee un servicio de emergencia, donde el operador mas cercano recibe la llamada y la despacha hacia al numero de emergencia

Otros servicios que provee GSM incluyen características como identificación de la llamada.

GSM emplea una modulación GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) obtenida a partir de una modulación MSK que es un tipo especial de FSK. Para el acceso en el interfaz radio se utiliza el sistema TDMA de banda estrecha (Time Division Multiple Access) entre la estación base y el teléfono celular utilizando 2 de canales de radio de frecuencia dúplex. Para minimizar las fuentes de interferencia y conseguir una mayor protección se utiliza el (frequency hopping) o salto en frecuencia entre canales, con una velocidad máxima de 217 saltos/seg. y siempre bajo mandato de la red.

GSM tiene cuatro versiones principales basadas en la banda: GSM-850, GSM-900, GSM-1800 y GSM-1900. GSM-900 (900 MHz) y GSM-1800 (1,8 GHz) son utilizadas en la mayor parte del mundo, salvo en Estados Unidos, Canadá y el resto de América Latina que utilizan el CDMA, lugares en los que se utilizan las bandas de GSM-850 y GSM-1900 (1,9 GHz), ya que en Estados Unidos las bandas de 900 y 1800 MHz están ya ocupadas para usos militares.

Inicialmente, GSM utilizó la frecuencia de 900 MHz con 124 pares de frecuencias separadas entre si por 200 Khz., pero después las redes de

telecomunicaciones públicas utilizaron las frecuencias de 1800 y 1900 MHz, con lo cual es habitual que los teléfonos móviles de hoy en día sean tribanda.

En GSM, se puede dedicar tanto a voz como a datos.

Una llamada de voz utiliza un codificador GSM específico a velocidad total de 13Kbits/s, posteriormente se desarrolló un codec a velocidad mitad de 6,5 kbits/s que permitirá duplicar la capacidad de los canales TCH, se denomina FR (Full Rate) y HR (Half Rate)

Una conexión de datos, permite el que el usuario utilice el celular como un módem de 9600 bps, ya sea en modo circuito o paquetes en régimen síncrono /asíncrono. También admiten servicios de datos de una naturaleza no transparente con una velocidad neta de 12 kbits/s.

4.3. Aspectos del canal de radio

La ITU, que maneja la asignación internacional del espectro de radio asignó las bandas de 890-915 MHz para up link (de la estación móvil a la estación base) y 935-960 MHz para downlink (estación base a estación móvil) para las redes celulares. Puesto que esta gama de frecuencias ya era utilizada a principios de los 80 por los sistemas analógicos de esas épocas, la CEPT tuvo la previsión de reservar 10MHz superiores a cada banda de la red de GSM que todavía estaba siendo desarrollada. Eventualmente a GSM se le asignó todo el ancho de banda de 50MHz.

Puesto que el espectro de radio es un recurso limitado compartido por todos los usuarios, se debió idear un método para dividirse el ancho de banda entre tantos usuarios como sea posible. El método usado por GSM es una

TDMA y FDMA. En FDMA implica la división por frecuencia del total del ancho de banda de 25 MHz en 124 frecuencias portadoras con un ancho de banda de 200Khz. Entonces una o más frecuencias de las portadoras son asignadas a cada estación base. Cada una de estas frecuencias portadoras entonces es dividida en tiempo usando el esquema de TDMA. Con este esquema se parte un canal de 200KHz en 8 time slots. Una time slot es la unidad de tiempo en un sistema de TDMA, y dura aproximadamente 0.577ms. Cada time slot se le asigna a un solo usuario.

Un time slot es utilizado por el celular para la transmisión y otro para la recepción. Se separan en el tiempo de modo que el celular no reciba y no transmita en el mismo tiempo, de esta forma se simplifica el circuito electrónico del celular.

4.4. Arquitectura de la red GSM

El servicio celular de GSM se basa en una serie de celdas contiguas las cuales proveen una amplia cobertura del servicio en un área y permite al abonado realizar una operación dentro de esta red. Antes de este concepto celular, los radio teléfonos estuvieron limitados apenas por un transmisor que cubría un área de servicio entero. Esta telefonía es completamente diferente al servicio de radio teléfono porque en vez de utilizar un transmisor grande, se utilizan muchos radio transmisores pequeños para cubrir la misma área. Sin embargo al usar varias celdas pequeñas surgió un problema que surge cuando el usuario se mueve entre celdas. Con la tecnología anterior de radio teléfonos no existía solución y por lo tanto la llamada se perdía, porque el servicio se proveía en un área muy grande. Mientras que la telefonía celular, el proceso de mover una llamada de una celda a otra se cambia de forma transparente al usuario. Este proceso es automático y no requiere una intervención por el

usuario, pero es una función muy compleja y técnica que requiere bastante capacidad de procesamiento para realizar este cambio.

La funcionalidad de una arquitectura de GSM se divide en: subsistema de la estación móvil, subsistema de la estación base, y subsistema de la red. Cada subsistema abarca ciertas funciones que se comunican a través de varias interfaces usando varios protocolos especificados. El usuario lleva la estación móvil (el celular); el subsistema de la estación base controla el acoplamiento de radio con la estación móvil. El subsistema de la red, que es la parte principal que se encarga de la conmutación de llamadas, así como el manejo de los servicios móviles, tales como autenticación.

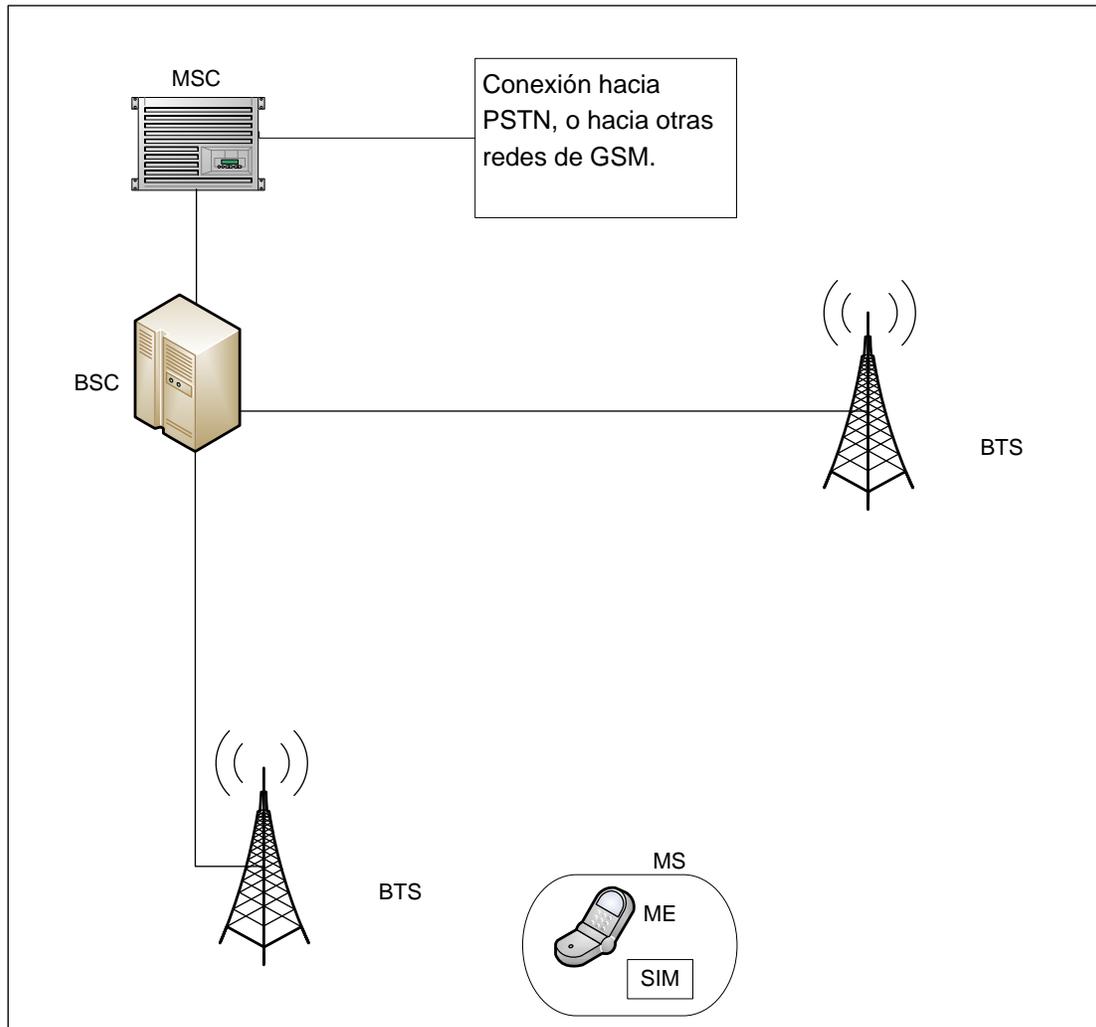


Figura 3.1. Red GSM.

4.4.1. Estación móvil

La estación móvil (por sus siglas en inglés MS) o celular representa el único equipo de GSM que el usuario siempre ve en todo el sistema. Este actualmente consta de dos entidades. El hardware Mobile equipment (ME),

que consiste en el equipo físico. Y la información del suscriptor que es almacenada en Subscriber Identity Module (SIM) que es la tarjeta SIM.

El equipo celular está identificado por un identificador único International Mobile Equipment Identity (IMEI).

La tarjeta SIM contiene la International Mobile Subscriber Identity (IMSI), identificador del suscriptor, una llave secreta de autenticación y otra información del usuario. El IMEI y el IMSI son independientes, de tal modo que proporcionaban movilidad.

SIM provee de movilidad personal, para que el usuario pueda tener acceso a todos los servicios suscritos independientes de la localización y del uso de un celular en específico. Únicamente insertando la tarjeta SIM en otro celular el usuario puede recibir llamadas en ese teléfono, hacer llamadas de ese teléfono, o recibir otros servicios a los cuales está suscrito. Además la tarjeta SIM se puede proteger contra el uso desautorizado por una contraseña.

4.4.2. Subsistema de la Estación base

El subsistema de la estación base está compuesto por dos partes, Base Transceiver Station (BTS) y Base Station Controller (BSC). El BTS contiene los transmisores y receptores de radio que definen una celda y también se encarga de transmitir y recibir las señales en las frecuencias asignadas de la celda con la estación móvil.

La BSC funciona con un grupo de BTS y maneja los recursos de uno o varios BTS. La BSC es la conexión entre el MS y el subsistema de la red. Este maneja el canal de radio, así como el manejo de los niveles de potencia. Este

nos da la conexión entre un celular y Mobile Service Switching Center (MSC). Además la BSC también traslada los 13kbps del canal de voz usados sobre el enlace de radio al estándar de 64 kbps usados por la red pública de teléfonos.

4.4.3. Subsistema de la Red

El componente principal de el subsistema de la red es el Mobile services Switching Center (MSC). Que funciona igual que un switch de una PSTN o ISDN, y además provee las funcionalidades necesarias para manejar al suscriptor móvil, como registro, autenticación, actualización de la ubicación, y el ruteo de llamadas a un suscriptor de roaming. Estos servicios son proveídos en conjunto con varias entidades, que en conjunto forman el subsistema de la Red. La MSC provee conexión con las redes públicas (PSTN o ISDN).

4.5. Estructura del canal de GSM

La estructura de GSM utiliza dos canales:

- Canales de trafico (TCH) usados para el envío de voz y datos
- Canales de control usados por la red para el manejo de mensajes y también para el mantenimiento de tareas

4.5.1. Canales de Tráfico

Los canales de trafico están definidos usando un grupo de 26 frame de TDMA llamados 26-Multiframe. Los 26-Multiframe duran 120mseg. En este

frame el grupo de canales de tráfico para el downlink (de la estación base al celular) y uplink (del celular a la estación base) están separados en 3 ráfagas. Esto implica que los celulares no necesitan transmitir y recibir al mismo tiempo lo que simplifica considerablemente la electrónica del sistema.

La estructura de los frames de 26-Multiframe tiene diferentes funciones:

- 24 frames son reservados para el tráfico.
- 1 frame es usado para el SACCH (Slow Associated Control Channel).
- El último frame no es usado. Esto permite realizar otras funciones como medir la calidad de la señal de las celdas vecinas.

4.5.2. Canales de Control

Dependiendo de su función, hay 4 clases diferentes de canales de control asociados:

- Broadcast channels (BCH)

Los canales de BCH, son usados por la BTS para proveer a el celular información de la red. Puede haber tres tipos diferentes de BCH:

- Broadcast Control Channel (BCCH)

Da la información al celular los parámetros necesarios para identificar la red y poder acceder a esta red.

- Synchronization Channel (SCH)

Da al celular la secuencia de símbolos para remodular la información transmitida por la BTS.

- Frequency-Correction Channel (FCCH)

Provee al MS con información de la frecuencia de referencia con propósitos de sincronización.

- Common Control Channels (CCCH)

Los canales de CCCH ayudan a establecer llamadas desde el celular o desde la red. Estos son:

- Paging Channel (PCH)

Este es usado para avisar al MS cuando hay una llamada entrante.

- Random Access Channel (RACH)

Usado por el MS para pedir acceso a la red telefónica.

- Access Grant Channel (AGCH)

Usado por la BTS, para informar a la MS sobre el canal que debe usar. Esta es la respuesta de la BTS cuando el MS solicita un RACH.

- Dedicated Control Channels (DCCH)

Los canales de DCCH son usados para el intercambio de mensajes entre dos celulares o el intercambio de un mensaje y una red. Estos son:

- Standalone Dedicated Control Channel (SDCCH)

Es usado para el intercambio de señalización en el downlink y uplink.

- Slow Associated Control Channel (SACCH)

Usado para el mantenimiento y control del canal.

- Associated Control Channels (ACCH)

Fast Associated Control Channels (FACCH) reemplazan todo o una parte del tráfico del canal cuando una señalización urgente deba ser transmitida. Los canales de FACCH deben llevar la misma señalización que los canales de SDCCH.

4.5.3. Estructura de las ráfagas de 26-Multiframe

La estructura de las ráfagas de 26-Multiframe duran aproximadamente 0.577 ms y tienen una longitud de 156.25 bits como se muestra en la figura 4.1.

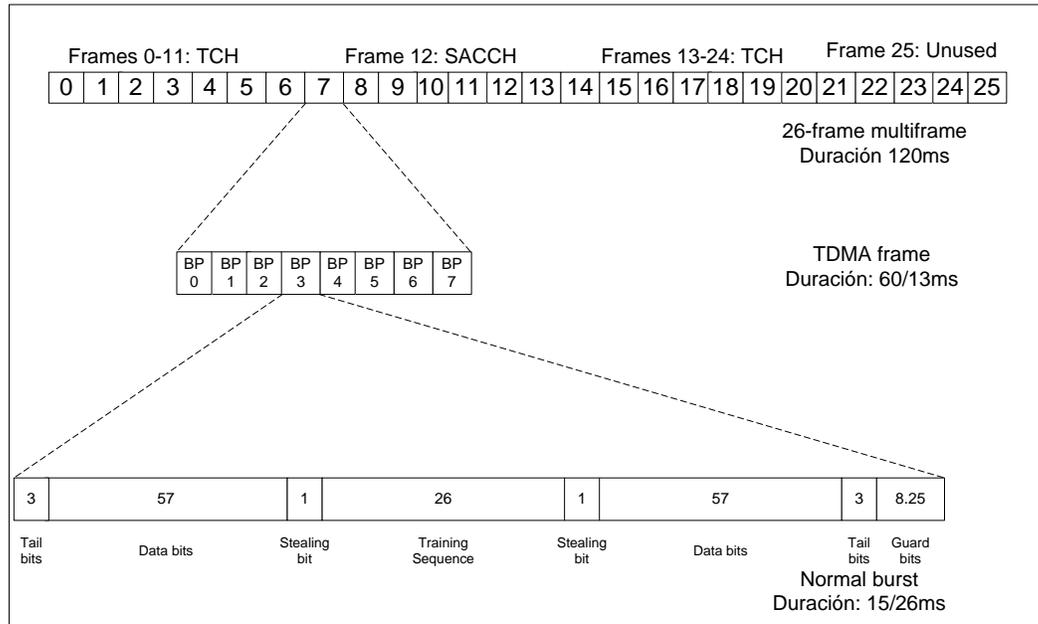


Figura 4.1. Estructura de las ráfagas.

- Tail bits

Son un grupo de 3 bits en cero que son puestos en el principio y en el final de cada ráfaga. Estos cubren los periodos de incremento de potencia cuando sucede el downlink y uplink (conocido como ramping).

- Data bits

Corresponden en dos grupos de 57 bits cada uno contienen la información de señalización o datos del usuario.

- Stealing flags

Indican al receptor si la información son bits de datos o de señales de tráfico.

- Training sequence

Tiene una longitud de 26 bits. Sirven para sincronizar al receptor, para enmascarar y así eliminar los efectos multipath durante la propagación de la señal.

- Guard Period

Con una longitud de 8.25 bits, que es usado para evitar la sobre escritura de información cuando sucede el ramping, esto se hace para evitar que dos celulares intenten enviar información al mismo tiempo.

4.6. Proceso de codificación y envío de información

En la figura 4.2. se muestra cuales son los pasos para que se pueda realizar el envío de una señal de audio a través de la red de GSM:

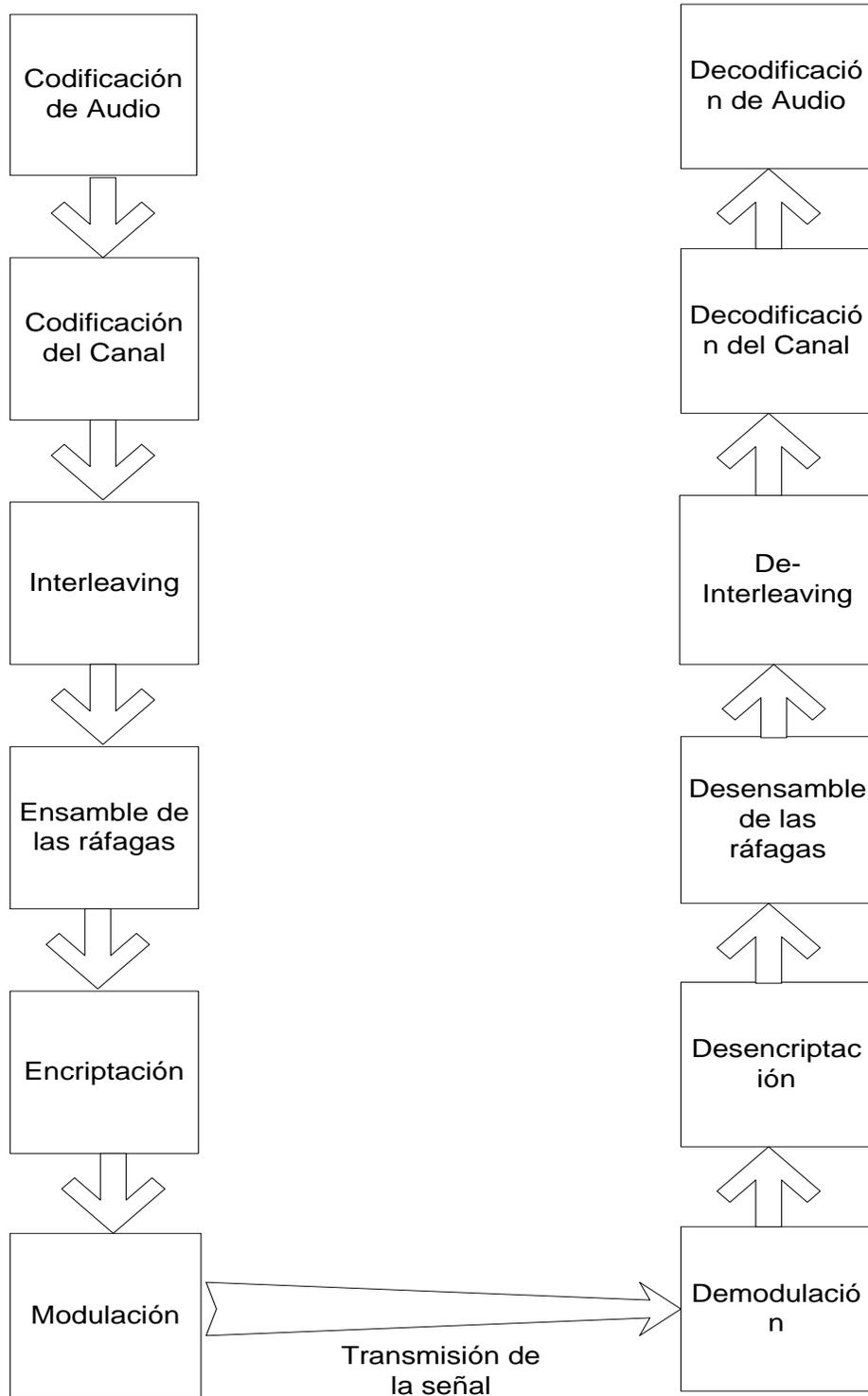


Figura 4.2. Codificación y envío de información en GSM.

Si no es información audio no pasa el proceso de codificación de audio.

4.6.1. Codificación de audio

La transmisión de audio es un servicio corriente en un sistema celular. El codec de GSM que transforma la señal análoga (voz) en una representación digital tiene que resolver los siguientes criterios:

- Mantener la calidad del audio.
- Disminuir la redundancia de la voz. Esta reducción es esencial debido a la limitada capacidad en el canal de datos.
- Adoptar un codec de poca complejidad para reducir los costos de producción.

El codec que se usa como estándar en GSM es RPE-LTP (Regular Pulse Excitation Long-Term Prediction). Este codec satisface el criterio anterior. La señal de audio es dividida en bloques de 20ms. Estos bloques después pasan al codec del discurso (speech codec) de 13kbps, para obtener frames de 260 bits cada uno.

4.6.2. Codificación del Canal

Con esta codificación del canal se agrega bits de redundancia, a la información original para detectar y corregir posibles errores en la transmisión.

Dependiendo del canal así es la codificación por lo tanto hay tres tipos de codificación distintas estas son:

- Codificación de los canales TCH

Para los canales de TCH se codifican usando dos códigos: código de bloque y códigos convolucionales.

En los códigos de bloque, se recibe un bloque de 240 bits y se les agrega cuatro bits en cero en el final del input; esto resulta en una salida de 244 bits.

Con el código convolucional se agregan bits de redundancia para proteger los datos. Un código convolucional contiene memoria. Esta propiedad diferencia los dos tipos de código. Un código convolucional puede ser definido usando tres variables n , k y K . El valor de n corresponde al número de bits de salida del codificador, k es el número de bits de entrada y K representa la memoria del codificador. La razón del código está definido como $R=k/n$.

Por ejemplo, un código convolucional con $k=1$, $n=2$ y $K=5$, tiene una razón de $R=1/2$ y un retardo de $K=5$, lo que significa que se le va a agregar un bit de redundancia por cada bit de entrada. El código usa 5 bits consecutivos para determinar el bit de redundancia. Como el código convolucional es de $\frac{1}{2}$ y el input es de 244 bits se genera un output de 488 bits. Después este código se reduce a 456 bits. Estos 456 bits son enviados al siguiente bloque.

- Codificación para los canales de audio

Antes de aplicar la codificación al canal de audio, el frame de 260 bits es dividido en tres diferentes clases de acuerdo a su función e importancia. La clase más importante es la clase-la que contiene los primeros 50 bits. Después sigue la clase-lb que contiene 132 bits. Por último la menos importante que es la clase-ll que contiene los últimos 78 bits. Las diferentes clases son codificadas de la siguiente forma:

- La clase-la es codificada en bloques. Se agregan 3 bits de paridad a los 50 bits de la clase-la con un total de 53 bits.
- La salida de la clase-la se le agrega la clase-lb (50+3+132), además se le agregan 4 bits en cero (185+4). Entonces se le aplica el código convolucional con $r=1/2$ y $K=5$, para obtener un bloque de 378 bits.
- Por último se le agregan los bits de la clase-ll (378+78), sin ninguna protección, a la salida del codificador convolucional.
- Finalmente el bloque de 456bits es construido, para ser enviado al bloque de interleaving.

- Codificación de los canales de control

A la información de señalización esta contenida en 184 bits. A esta información se le agregan 40 bits de paridad además se le agregan 4 bits en cero. Después se aplica el código convolucional con $r=1/2$ y $K=5$. La salida de este código convolucional es un bloque de 456 bits. Después esto es enviado al interleaving.

4.6.3 Interleaving

Este método reordena los bits en una forma en particular. Es combinado por medio de los códigos FEC (Forward Error Correction) para ordenar y mejorar el rendimiento de los mecanismos de corrección de errores. Con interleaving disminuye la probabilidad de la pérdida de las ráfagas durante la transmisión, dispersando los errores. Como los errores están menos concentrados es más fácil corregirlos.

En este proceso también se realiza el interleaving dependiendo del canal que este enviando información, como se muestra a continuación:

- Interleaving en los canales de control

En la capa física las ráfagas de GSM son transmitidas en bloques de 2 de 57 bits cada bloque. Por lo tanto el bloque de 456-bits es enviado en 4 ráfagas ($4 \times 114 = 456$). El primer bloque contiene los bits números (0,8,16,...,448) la segunda contiene los bits(1,9,17,...,449), el ultimo bloque contiene los números (7,15,.....455).

- Interleaving para los canales de voz

El bloque es dividido de la misma forma en que se hace interleaving para los canales de control.

- Interleaving para los canales de TCH

Los canales son aplicados con otro esquema a de interleaving con una profundidad de 22, es aplicado al bloque de 456 bits después de obtener la codificación del canal. El bloque es dividido en 2 bloques de 6 bits cada uno, 2 bloques de 12 bits, 2 bloques de 18 bits y 16 bloques de 24 bits. Es repartido en 22 ráfagas de la siguiente forma:

- La 1 y la 22 ráfaga llevan un bloque de 6 bits cada uno.
- La 2 y la 21 ráfaga llevan un bloque de 12 bits cada uno.
- La 3 y la 20 llevan un bloque de 18 bits cada uno.
- De la 4 a la 19 ráfaga, llevan el bloque de 24 bits en cada ráfaga.

Por lo tanto una ráfaga lleva la información de 5-6 bloques consecutivos de datos.

4.6.4. Ensamble de las ráfagas

En esta etapa se ensamblan las ráfagas se maneja el agrupamiento de los bits en ráfagas de bits.

4.6.5. Encriptación

Esto es usado para proteger la señalización y la información que se esta enviando. La llave de encriptación es determinada de la siguiente forma:

1. Algoritmo A8 (almacenado en la tarjeta SIM).
2. la llave del suscriptor.
3. Un número aleatorio enviado por la red (el mismo que se usa para la autenticación) con una longitud de 22 bits.

Una vez determinada la llave; se produce una secuencia de 114 bits generado por el algoritmo A5. Después reutiliza un XOR junto con los 114 bits del mensaje para su modulación. El algoritmo A5 es inicializado usando una clave de 64 bits junto con un número de frame o secuencia públicamente conocido de 22 bits.

Esta secuencia entonces es pasada a través de un XOR con los bloques de 57 bits de datos.

Para poder descifrar la información de forma correcta, el receptor tiene que usar el mismo algoritmo A5 para poder descifrar la información.

4.6.6. Modulación

La modulación que se usa en GSM es Gaussian Minimum Shift Keying (GMSK).

Se uso este tipo de modulación por la eficiencia en el espectro, simplicidad y poca radiación en los canales adyacentes (que reduce las posibilidades de interferencia entre los canales adyacentes). En la figura 4.3. se puede ver el diagrama de bloques de un modulador de GMSK.

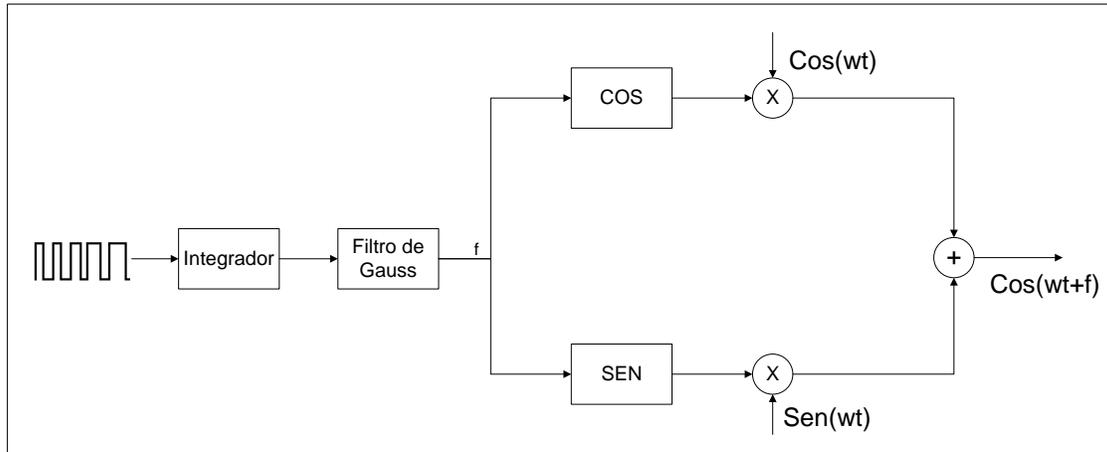


Figura 4.3. Modulador de GMSK.

CAPITULO V

4. SMS

El servicio de mensajes cortos o SMS (Short Message Service) es un servicio disponible en los teléfonos celulares que permite el envío de mensajes cortos entre celulares, teléfonos fijos y otros dispositivos de mano.

5.1. Principio de operación de SMS

Como se menciona anteriormente los celulares tienen un canal de control donde constantemente se esta mandando información y recibiendo información para que la celda identifique donde esta el celular, esta comunicación se hace para saber que el celular esta listo para recibir y realizar llamadas.

El canal de control también provee el camino para que se puedan enviar SMS. Cuando alguien envía un SMS este llega a la SMSC (que corresponde a las siglas en inglés de Short Message Service Center) este se encarga de enviar el SMS como un pequeño paquete en el canal de control hacia el celular de destino. Este paquete incluye información como el tamaño del mensaje, hora de envío, numero de destino y origen.

Los SMS pueden ser enviados hacia la SMSC en dos formatos en formato de texto y en PDU (protocol description unit).

La diferencia entre estos dos formatos es que en el formato de PDU es un SMS codificado; este formato es que se envía a la red; mientras que en el formato de texto el dispositivo convierte de forma automática lo que lee en formato PDU a texto y viceversa.

5.1.1. Envío de SMS en formato de texto

Como ya se había mencionado anteriormente esta forma de mandar mensajes funciona convirtiendo el SMS a PDU y viceversa. Sin embargo esta es una opción que algunos celulares soportan. Como no todos los celulares soportan este formato por lo tanto el mensaje que se envíe o se reciba siempre es enviado en el formato PDU.

5.1.2. Envío de SMS en formato PDU

Este es el formato en que el celular envía el SMS a la SMSC. Este formato está especificado por la organización ETSI (European Telecommunications Standards Institute). Donde la longitud máxima de cada mensaje es de 160 caracteres (esta es la cantidad máxima de caracteres se debe a que así no se sobrecarga a la central de SMSC). Donde cada carácter es de 7 bits de acuerdo al alfabeto de 7 bits.

El string en formato PDU no solo contiene el mensaje sino también contiene meta información sobre el número del celular que envía el mensaje, el destinatario y hora de envío.

En el siguiente ejemplo se muestra un mensaje codificado en PDU y la interpretación del mensaje:

07917283010010F5

040BC87238880900F10000993092516195800AE8329BFD4697D9EC37

El mensaje esta dividido en tres partes: el primer octeto indica la longitud de la información de la SMSC (07), después la información de la SMSC (917283010010F5) y el resto es el mensaje. En la tabla 5.1. Se da la interpretación del mensaje

Octetos	Descripción
7	Longitud de la información de la SMSC. En este caso 7 octetos
91	Tipo de dirección de la SMSC. En este caso indica que el formato es en numeración internacional
72 83 01 00 10 F5	Numero telefónico de la SMSC. En este caso el numero de la SMSC es +273810000115
O4	Indica que aquí empieza el primer octeto del SMS
OB	Indica la longitud del teléfono de el que envió el mensaje
C8	Tipo de dirección del que envió el SMS
72 38 88 09 00 F1	Numero telefónico del que envió el SMS en semi-octetos
OO	Identificador del protocolo
OO	Esquema de codificación de la data
99 30 92 51 61 95 80	Hora de envió del SMS en semi-octetos
0A	Indica la longitud del texto del mensaje
E8329BFD4697D9EC37	Este es el texto representado en octetos

Tabla 5.1. Interpretación de un SMS en formato PDU.

5.2. Función de una SMSC

Un central de SMS (SMSC) es la responsable de manejar las operaciones de SMS a través de la red celular. Cuando un SMS es enviado desde un celular, éste llega primero a la SMSC después envía el SMS hacia su destino. Cuando un SMS necesita pasar por más de una red antes de llegar al destino, el trabajo principal de la SMSC es rutear los SMS y regular el proceso. Si por ejemplo el destinatario de un SMS tiene apagado su celular, es trabajo de la SMSC de almacenar el SMS hasta que el celular se encuentre encendido en alguna red para posteriormente enviar este SMS.

5.2.1. Periodo de validez de un SMS

Un SMS que es almacenado temporalmente en una SMSC si el celular de destinatario está apagado. Es posible especificar el periodo después del cual va a ser borrado de la SMSC si el celular no está encendido. Este periodo es conocido como periodo de validez.

Un ejemplo que ilustra como puede ser usado el periodo de validez puede ser usado. Supongamos que uno encuentra un programa interesante que está pasando en la televisión en estos momentos. Y uno piensa que un amigo le puede interesar ver el mismo programa de televisión, entonces uno le envía un SMS hablándole del programa de televisión; supongamos que el

programa dura una hora. El SMS no va a ser útil para el amigo si el celular no esta encendido antes que termine el programa de televisión. En esta situación, uno desearía mandara un SMS con un periodo de validez de una hora. El SMS va a ser entregado si el celular del amigo esta conectado antes de que pase la hora en caso contrario el si transcurre el periodo de validez el SMS va a ser borrado de la SMSC.

Un celular puede tener esta opción que puede ser usada como periodo de validez. Después de enviar el mensaje el celular va a indicar el periodo de validez del SMS.

5.2.2. Informe de estatus de un SMS

A veces uno desea saber si un SMS llega al celular del destinatario exitosamente. Para obtener esta información uno necesita poner una bandera en el SMS para notificar que el SMSC que uno quiere un reporte de status cuando el SMS sea entregado. Este reporte de estatus es enviado a uno en forma de SMS.

Un celular puede tener en el menú una opción que puede ser usada para pedir un reporte sobre un SMS que sea enviado. Generalmente esta opción esta desactivada en los celulares.

5.2.3. Informe de envió de un SMS

Después de que el celular envía un SMS que y este llega a la SMSC, la SMSC enviara un informe del envió del SMS; este informe le indica al celular que envió el SMS contiene errores o fallas (por ejemplo: formato incorrecto,

número del destinatario incorrecto). Si no hay errores entonces la SMSC envía un informe positivo al celular. Si no se recibe un informe de envío el celular puede notificar al usuario que el SMS no fue enviado e indicarle la posible falla.

Si es celular no recibe el informe del envío del SMS después de un periodo de tiempo se concluye que se a perdido el mensaje. El celular entonces puede volver a enviar el mensaje a la SMSC. Una bandera será enviada indicándole a la SMSC que el mensaje ya había sido enviado antes. Si la información de envío es aceptada, la SMSC hará caso omiso e este mensaje pero enviara un informe de envío al celular. Este mecanismo previene el reenvío del mismo SMS a un celular.

5.2.4. Informe de entrega de un SMS

Después de recibir un SMS, el celular del receptor enviara un informe de la entrega a la SMSC para informar si hay errores. Este proceso es transparente al usuario. Si no hay error, el celular receptor envía después un informe positivo de la entrega a la SMSC. De lo contrario envía un informe negativo de la entrega al a SMSC.

Si el que envió el SMS solicito un informe anterior la SMSC envía un informe al remitente cuando recibe el informe de entrega del mensaje del receptor.

Si la SMSC no recibe informe de la entrega del SMS después de un periodo de tiempo, concluye que se a perdido el informe de entrega del mensaje. Entonces la SMSC vuelve a enviar el mensaje.

5.3. Proceso de envió de un SMS

La transmisión de un SMS entre un operador implica solamente un SMSC. Después de que se envía un SMS de un celular este llega a la SMSC. Después este envía el SMS a al celular del destinatario. Si el celular del destinatario esta apagado la SMSC almacena el mensaje. Este entregara el mensaje cuando el celular este en línea. Si transcurre el periodo de validez del mensaje y el celular del receptor esta fuera de línea, la SMSC eliminara el mensaje.

Cuando la SMSC recibe el informe de la entrega del mensaje del celular receptor o la SMSC elimina el SMS, envía un informe al remitente si el remitente solicito lo anterior.

La figura 5.1. ilustra el proceso de la transmisión de un mensaje entre un operador de SMS:

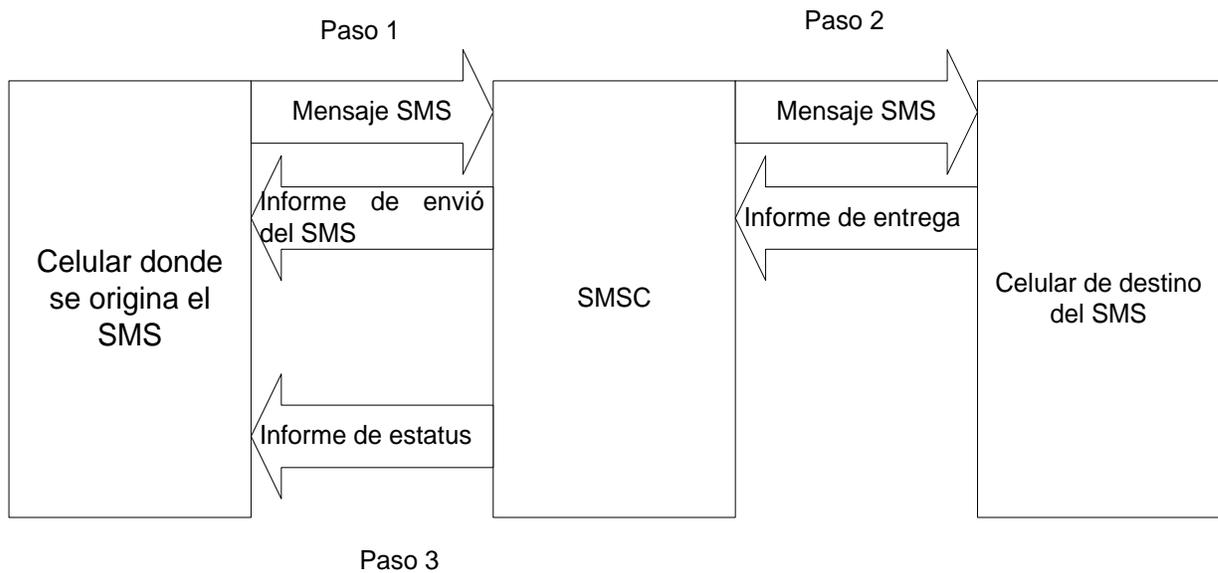


Figura 5.1. Proceso de envío de un SMS entre un operador

De esta forma también se puede enviar un SMS a otro operador celular si las dos tienen tecnologías iguales. Sin embargo esto no siempre es verdad por lo tanto tiene que usar otro método para enviar SMS entre distintos operadores celulares. Por ejemplo cuando se envía un mensaje de una red de GSM a una red de CDMA. La SMSC del remitente donde se envía el mensaje se interconecta con la otra SMSC donde está el receptor de el mensaje por medio de un protocolo que sea aceptado entre las dos SMSC. El mensaje primero alcanzara la SMSC del destinatario, después esta SMSC se interconectara con la otra SMSC y por medio de un protocolo de comunicación enviara el mensaje, después la SMSC del destinatario del celular se encargara de enviar el mensaje al celular receptor.

La figura 5.2., ilustra este proceso de comunicación.

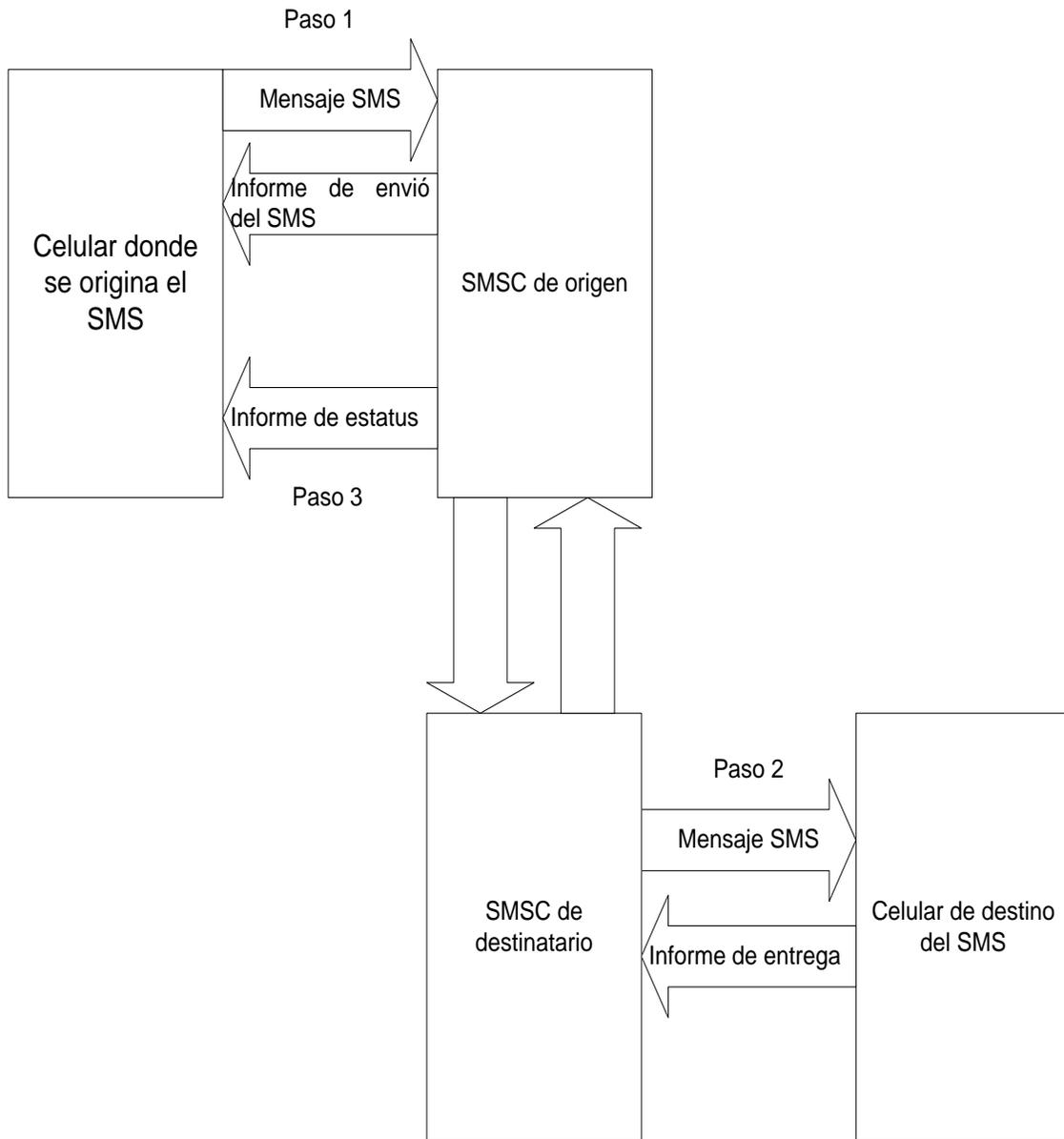


Figura 5.2. Proceso de comunicación entre dos SMS con distintos protocolos

CAPITULO VI

6. GPRS

GPRS o General Packet Radio Service es una modificación de la forma de transmitir los datos respecto a la comunicación de punto a punto realizada por Circuit Switch Data (CSD).

En la operación de CSD el celular establece una conexión con otro celular en donde toda la interconexión de la red entre los dos puntos donde el circuito esta permanentemente reservado mientras dure la conexión aunque no se envíe información en un momento dado.

En la operación de GPRS la comunicación esta basada en paquetes de datos, la comunicación se realiza por medio de paquetes. No hay un espacio reservado para el intercambio de información entre los dos puntos, en cambio los recursos son reservados de forma dinámica dependiendo de la demanda del intercambio de información. El intercambio de información es organizado en paquetes de TCP/IP, por lo tanto se puede realizar un intercambio de información a una mayor velocidad de transferencia y puede ser más rápida que en GSM, sin embargo GPRS no es una red separada de una red de GSM. En la figura 61 se puede observar la operación de una red de GPRS donde el intercambio de información es transparente para la aplicación.

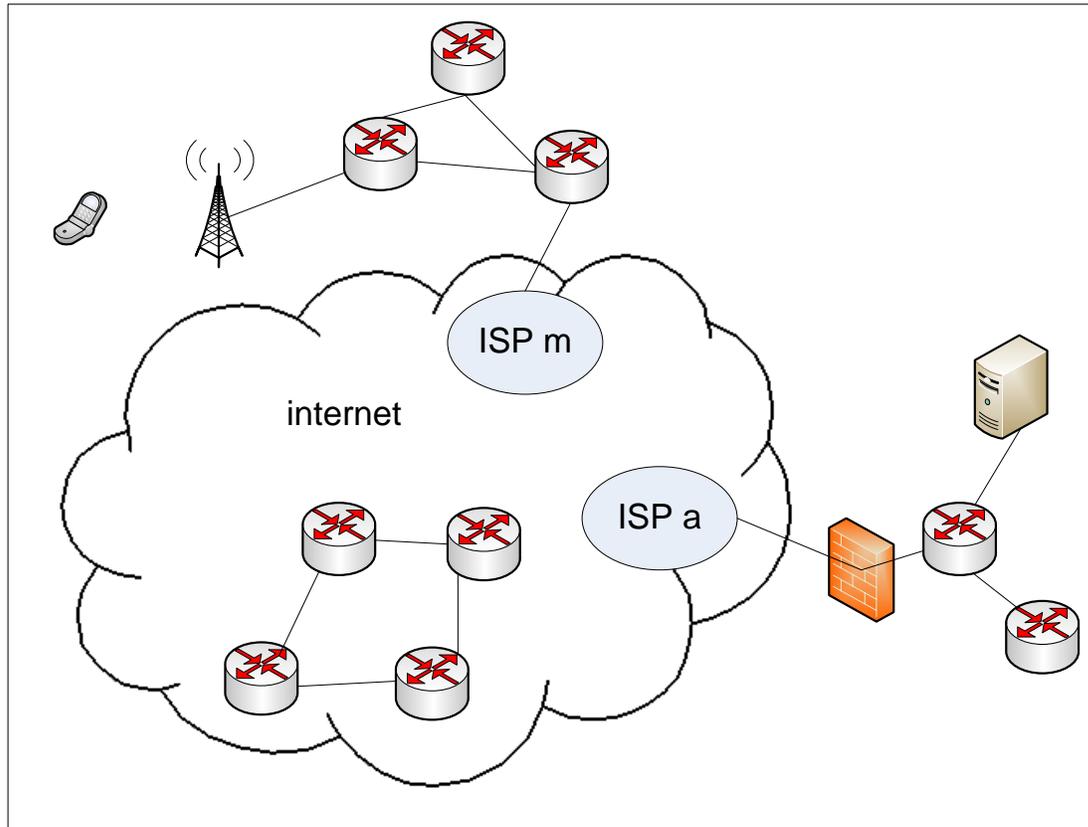


Figura 6.1. Operación de una red de GPRS.

6.2. Arquitectura de una red de GPRS

Como se mencionó anteriormente GPRS no es una red completamente separada de una red de GSM. Muchos dispositivos como los BTS y los BSC se siguen utilizando. A veces los dispositivos pueden ser actualizados en el software o en el hardware o en ambos. Cuando se implementa una red de GPRS el cambio del software se puede realizar de forma remota.

Sin embargo se le tienen que agregar dos nuevos elementos para que la red pueda funcionar estos elementos son: SGSN (Serving GPRS Support Node), GGSN (Gateway GPRS Support Node). En la figura 6.2. se pueden observar los componentes de una red celular con GPRS.

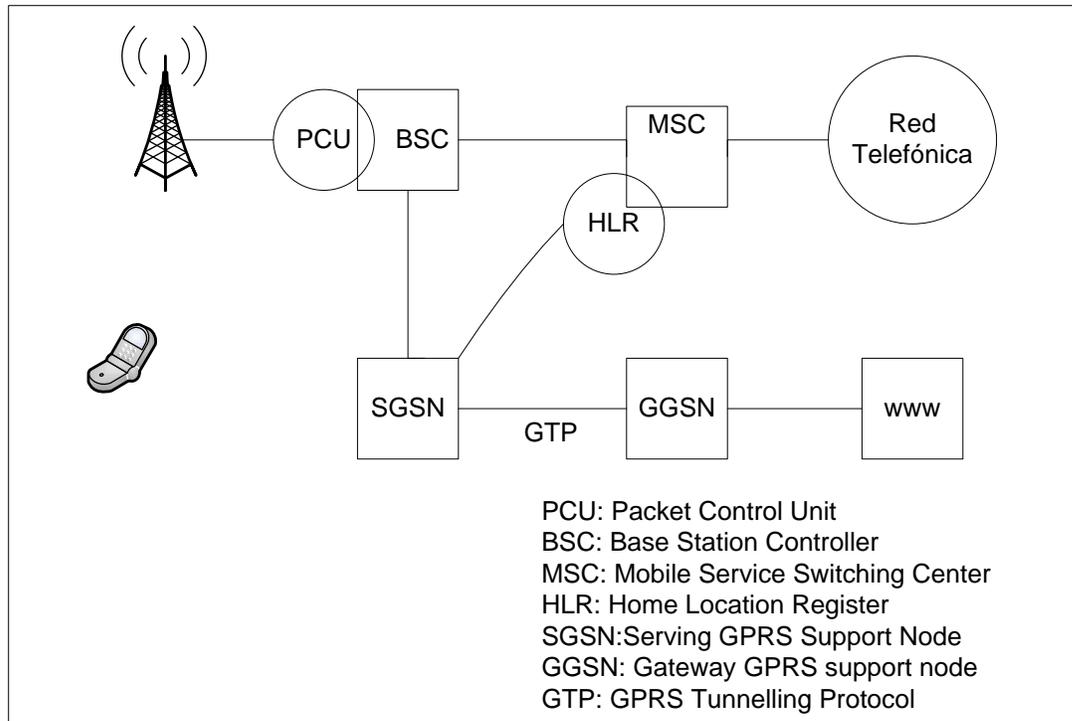


Figura 6.2. Componentes red GPRS.

6.2.1. SGSN

Serving GPRS Support Node (SGSN), este dispositivo es el encargado de la asignación y manejo de las direcciones IP, también es el encargado de el ruteo del paquete, además es el encargado de la autenticación de los usuarios y manejo de la conexión lógica.

El SGSN es el encargado del manejo del usuario si este se esta moviendo entre celdas. Si por ejemplo un usuario esta conectado por medio de GPRS a internet y se esta desplazando entre diferentes celdas; se encarga de que la conexión no sea interrumpida en el cambio de celdas esto lo logra realizando un intercambio extremadamente rápido de SGSN que el usuario no

lo nota, y si se pierde algún paquete durante el intercambio los paquetes se vuelven a retransmitir.

6.2.2. GGSN

Gateway GPRS Support Node o (GGSN) es una interface entre la red de GPRS y otras redes como el internet.

Esta interfaz convierte los paquetes de GPRS que vienen desde SGSN en paquetes de IP o X.25 apropiados para poderlos enviar a la correspondiente red. También es el encargado de direccionar los paquetes que vienen de una red externa convirtiendo los paquetes en la dirección de el usuario de destino.

6.2.3. GTP

El GPRS Tunnelling Protocol (GTP) es el protocolo de interconexión entre SGSN y GGSN, también es el encargado de llevar los registros de cuanta información a pasado para hacer el cobro.

6.2.4. HLR

El Home Location Register (HLR) es la base de datos que contiene información del suscriptor, cuando un dispositivo se conecta a la red se le asocia un MSISDN asociado a el servicio, información de la cuenta, preferencias y a veces direcciones IP.

6.2.5. PCU

Packet Control Unit (PCU) es una actualización de hardware o software para la BSC encargada de diferenciar los paquetes destinados a la red de GSM de los paquetes de la red de GPRS.

CAPITULO VII

7. Modulo GM862-GPS

Este es modulo celular que posee todas las capacidades de un teléfono celular además de poseer un receptor de GPS y dentro de el mismo posee un interprete de Python.

7.1. Arquitectura del modulo GM862-GPS

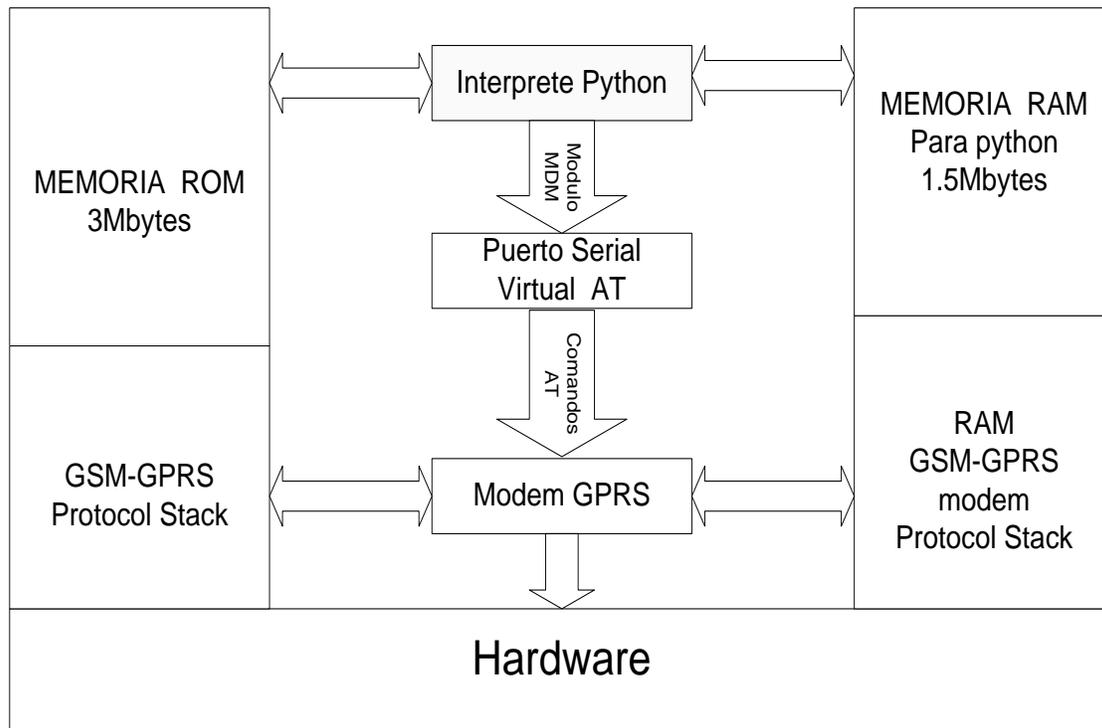


Figura 7.1. Diagrama de bloques del modulo GM862-GPS.

A continuación se detalla cada uno de los bloques:

7.1.1. Memoria ROM

Aquí es donde se guardan todos los archivos que se han compilado así como los scripts que uno escribe, la capacidad máxima de almacenamiento es de 3MB. Para que el modulo pueda recibir los scripts se le pueden enviar de forma serial.

7.1.2. Interprete de Python

Este modulo posee la característica que no necesita un microcontrolador para poder funcionar ya que aquí se puede escribir un programa y el modulo por si solo puede interpretar el código y realizar el programa. Más adelante se explica como funciona este lenguaje.

7.1.3. Modulo MDM

Esta es una librería de Python que sirve para enviar datos. Esta librería es necesaria si uno desea enviar comandos desde un script de Python.

7.1.4. Puerto Serial Virtual AT

Esta interfase no es una interfaz serial real es un puente interno realizado a través software para que se puedan enviar comandos AT por medio de el interprete.

7.1.5. Comandos AT

Son todas las instrucciones que recibe el modulo para poder ejecutarlas.

Estas instrucciones siempre empiezan con la palabra reservada AT+<instrucción>.

Si no esta habilitado el intérprete de Python para que envíe estos comandos, entonces los comandos pueden ser recibidos por el puerto serial y el resultado también es enviado por el puerto serial.

7.1.6. MODEM GPRS

Es el encargado de ejecutar los comandos AT y devolver resultados.

7.1.7. GSM-GPRS Protocol Stack

Aquí es donde se encuentran almacenado el set de instrucciones que soporta el modulo.

7.1.8. RAM GSM-GPRS

Aquí es donde se encuentran almacenados los resultados y modificaciones de los instrucciones del modulo.

7.1.9. RAM para Python

Es donde se almacenan todas las variables, pilas, colas y resultados que se usan cuando esta habilitado el intérprete de python. La capacidad de almacenamiento puede llegar hasta los 1.5MB.

7.2. Hardware del modulo GM862-GPS

7.2.1. Dimensiones

- Largo 4.39 cm.
- Ancho 4.93 cm.
- Alto 6.9mm
- Volumen 13cm³
- Peso 19 gramos

7.2.2. Frecuencia de operación

EL modulo GM862-GPS puede operar en las siguientes frecuencias teniendo en cuenta que solo puede estar funcionando en una a la vez:

Modo de operación	Frecuencia Transmisión Frec. Tx (MHz)	Frecuencia Recepción Frec. Rx (MHZ)	Canales
GSM 900	890 – 914.8	935.0 - 959.8	0 -124
	880.2 - 889.8	925.2 - 934.8	975 -1023
GSM 850	824.2 -848.8	969.2 - 893.2	128 -251

Tabla 7.1. Frecuencias de operación.

7.2.3. Antenas

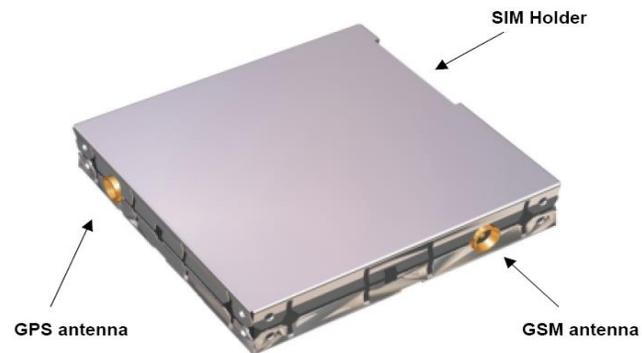


Figura 7.2. Antenas del modulo GM862-GPS

- Antena de GSM

La antena que se uso para el proyecto posee las siguientes carateristicas:

- Frecuencia de operación: 824 a 920 MHz
- Impedancia: 50 Ohm
- Ganancia: 3.5dBi
- Potencia de entrada: mayor a 2W

- Antena del receptor GPS

La antena que se uso para el proyecto posee las siguientes carateristicas:

- Frecuencia operación: 1575MHz
- Impedancia: 50 Ohm

- Alimentación de voltaje: de 3V DC.

7.2.4. Alimentación del Modulo GM862-GPS

El transmisor de GSM 850/900 opera a una potencia pico de 2W (+33dBm), generalmente consume esta cantidad de potencia cuando se esta conectado a la red celular.

También hay que tener en cuenta que la fuente de alimentación tiene que ser capaz de proveer el voltaje en forma constante no puede variar mucho cuando surge un pico de corriente ya que puede causar perdida de información. A continuación se muestra una tabla 7.2 donde se muestra el consumo de voltaje y corriente:

Voltaje Nominal	3.8 V
Voltaje Nominal Máximo	4.2 V
Rango de alimentación de voltaje	3.4 V a 4.2 V
Consumo de Corriente máxima	1.9 A
Consumo de Corriente en promedio	17 mA
Consumo Máximo de corriente del GPS durante la localización	60 mA
Consumo de corriente de la antena de GPS	20 mA

Tabla 7.2. Consumo de Corriente y Voltaje del modulo GM862-GPS.

Para poder proveer ahorro en la alimentación se puede apagar el modulo del GPS pero posee la desventaja que al apagarlo y al volverlo a encender se puede llegar a tardar hasta cin.gundos en lo que empieza a funcionar.

7.3. **Software del modulo GM862-GPS**

Este modulo tiene dos modos de operación: el primero es por medio de envió de comandos de forma serial y la segunda es utilizando el lenguaje de python.

CAPITULO VIII

8. SISTEMA DE LOCALIZACION POR MEDIO DE SMS

En este trabajo se propone un sistema de localización usando un receptor de GPS enviando la información a través de la red celular por medio de SMS.

Este sistema se puede usar para la localización. Sencillamente enviando un mensaje al localizador y este al recibir el mensaje responde al usuario indicándole la ubicación actual del mismo. Como se muestra en la figura 8.1.

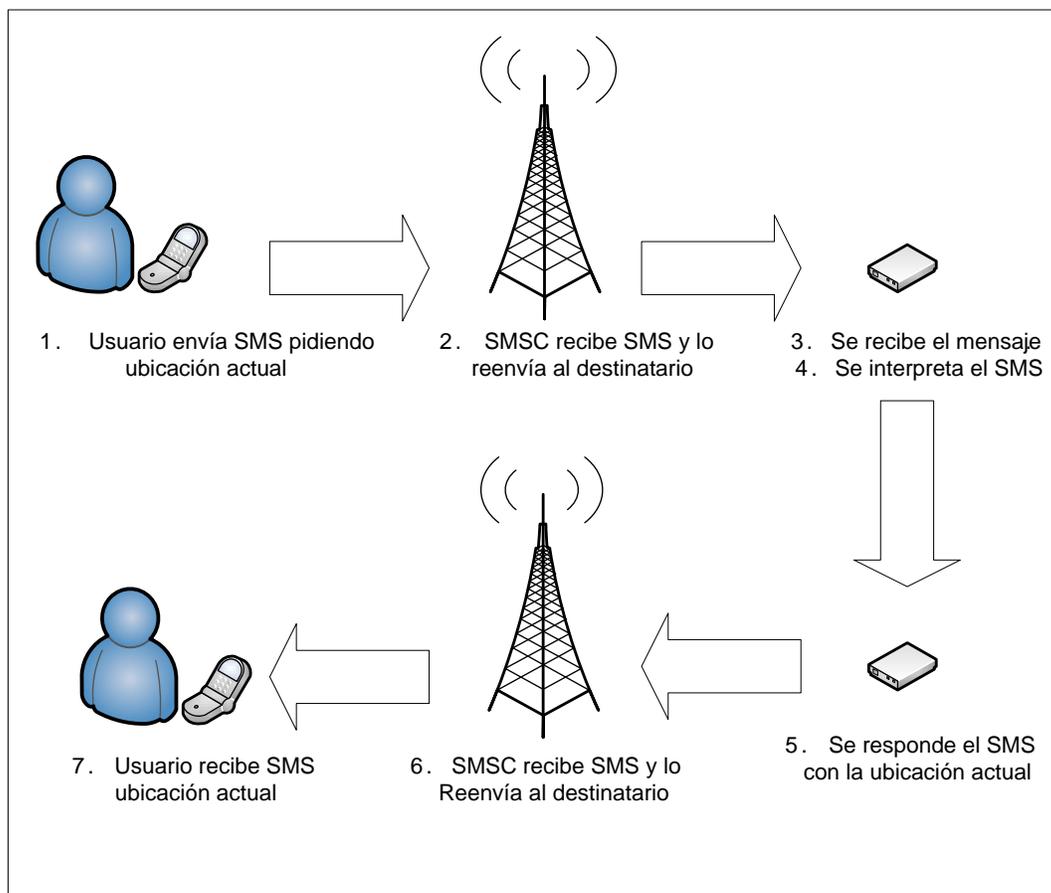


Figura 8.1: Sistema de localización por medio de SMS.

Como se puede ver en la figura 17 se puede observar como funciona el sistema el usuario desea saber la ubicación del dispositivo entonces le envía un SMS al dispositivo. El SMS tiene que contener la siguiente información el número de celular y una contraseña adelante se detalla porque se necesita de esta información.

El usuario escribe un SMS el celular lo convierte a formato PDU después cuando el usuario lo envía el SMS se va a la SMSC esta se encarga de reenviarlo al dispositivo de localización.

Una vez que el SMS lo recibe el dispositivo recibe el mensaje este lo lee para poder interpretarlo. Como se menciono anteriormente el SMS tiene un numero de celular, este numero de celular puede ser cualquier numero de celular, a este numero el modulo de localización va a enviar la respuesta no necesariamente tiene que ser el numero de celular que envió el mensaje. La contraseña es un valor muy importante ya que sin esta el dispositivo de localización no va responder, a pesar de que si se va a recibir el SMS cuando el dispositivo lea el mensaje y la contraseña no coincide borra el SMS de la memoria y no devuelve la localización, esto por seguridad para asegurarse que solo funcione con el usuario que sabe la contraseña, también por ejemplo si recibe algún SMS que no cumple con esta contraseña este lo borra y ignora el SMS, esto por los SMS que se reciben de publicidad.

La respuesta del dispositivo de localización devuelve la siguiente información la latitud, longitud y altura esto para saber la ubicación exacta del

dispositivo; recordemos que se usa un receptor de GPS para determinar la ubicación, por lo tanto la ubicación puede llegar a tener un margen de error hasta de 10.4 metros debido a los errores de recepción. Además de la localización devuelve la hora a la cual envió el mensaje esto debido a que a veces las SMSC están congestionadas y por lo tanto no reenvían el SMS inmediatamente después de que se recibe el SMS.

Por ultimo el usuario recibe la respuesta por medio de SMS; con esta respuesta el usuario puede saber donde esta el dispositivo de localización y a la hora que el dispositivo envió el SMS.

8.1. Descripción del dispositivo de localización

El dispositivo que se uso para la localización es el modulo celular y GPS gm862-GPS, este modulo posee varias características:

El interprete de python con un espacio hasta de 3Mbytes para almacenar scripts y una memoria RAM de 1.5Mbytes, esto es muy importante ya que no se necesita un micro controlador adicional al modulo celular.

Posee un receptor de GPS integrado este receptor posee la característica que solo se le tiene que agregar la antena; el modulo le provee una fuente de voltaje DC de 3.4V, además se posee un circuito para medir la corriente que esta consumiendo y así limitar la corriente que puede consumir la antena de GPS, además posee una protección contra corto circuito en caso que la corriente exceda los 40mA.

La frecuencia de operación del receptor de GPS es de 1575.42 MHz.

Para este proyecto se uso la frecuencia de GSM 900 MHz, porque la compañía celular que usa esta frecuencia posee cobertura en todo el país de Guatemala.

8.2. Descripción del software utilizado

El software se desarrollo en python ya que el modulo GM862-GPS soporta este lenguaje interpretado. El diagrama de flujo del código se puede observar en la figura 8.2.

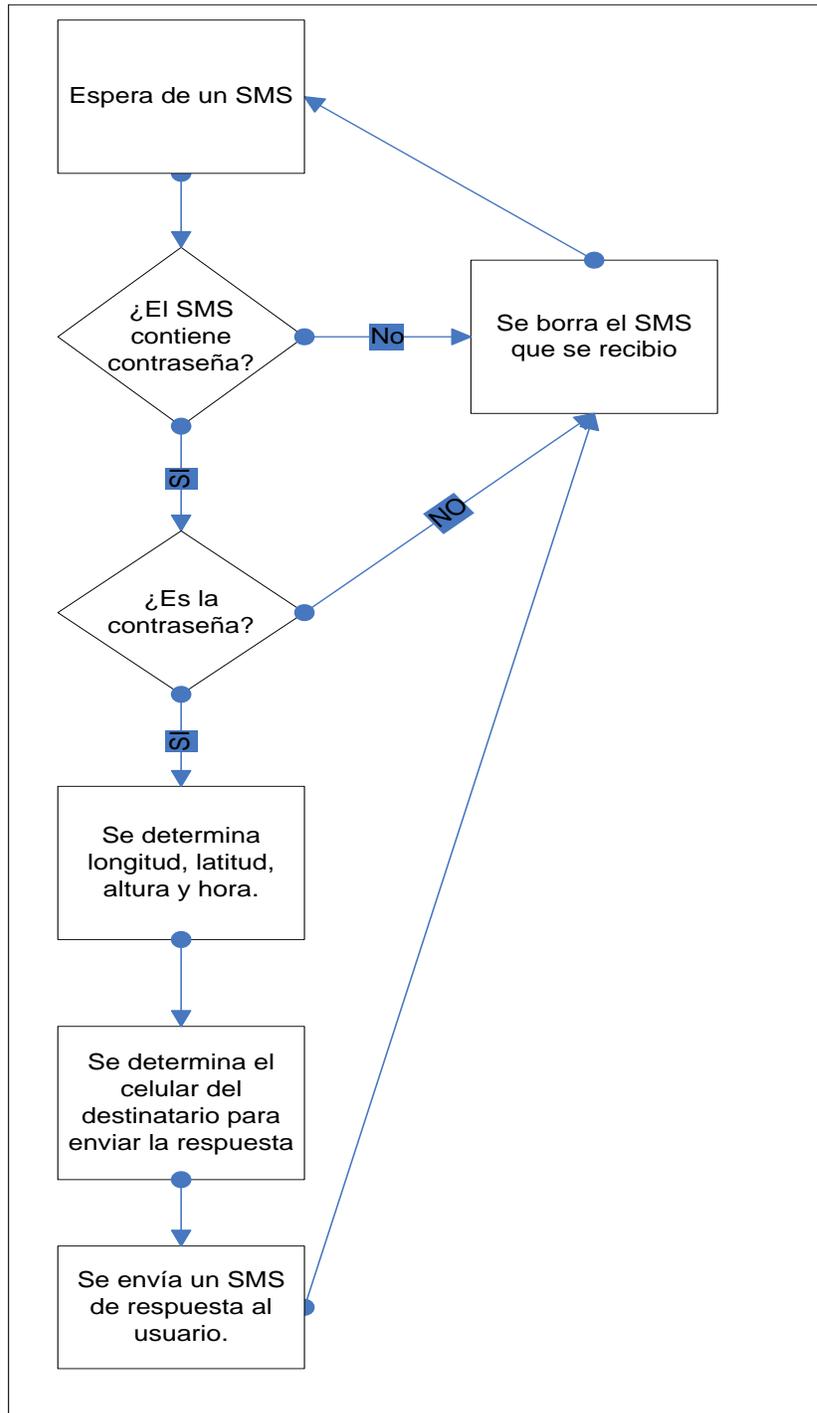


Figura 8.2. Diagrama de Flujo del software.

8.3. Ejemplo de la aplicación por medio de SMS

La aplicación funciona por medio de SMS entonces se envía un mensaje de texto con la siguiente información: "Password Cel-destino Num". Donde:

- El password: sirve para identificar al usuario que envía el SMS si el password no es el correcto la aplicación elimina automáticamente el SMS y no devuelve la ubicación actual.
- Cel-destino: es el teléfono celular al cual la aplicación va a enviar la ubicación.
- Num: sirve para que la aplicación envíe la ubicación cada 5 minutos donde Num indica el numero de SMS a enviar.

La respuesta que nos devuelve la aplicación es: hora, latitud, longitud y altura. Donde:

- Hora: Es la hora a la cual la aplicación respondió el SMS.
- Latitud: es la latitud a la cual se encuentra el modulo celular
- Longitud: es la longitud a la cual se encuentra el modulo celular
- Altura: la altura sobre el nivel del mar a la cual se encuentra el modulo celular expresada en metros.

Entonces si se envía: "pass 5555567 1" y la aplicación nos responde con:

13:21:55 15°39'24.82"N 88°59'53.82"W 5. Nos dice la ubicación actual del dispositivo. Usando un software que sea capaz de determinar la ubicación con la latitud y la longitud podemos determinar la ubicación actual del carro, como se puede observar en la figura 8.3.

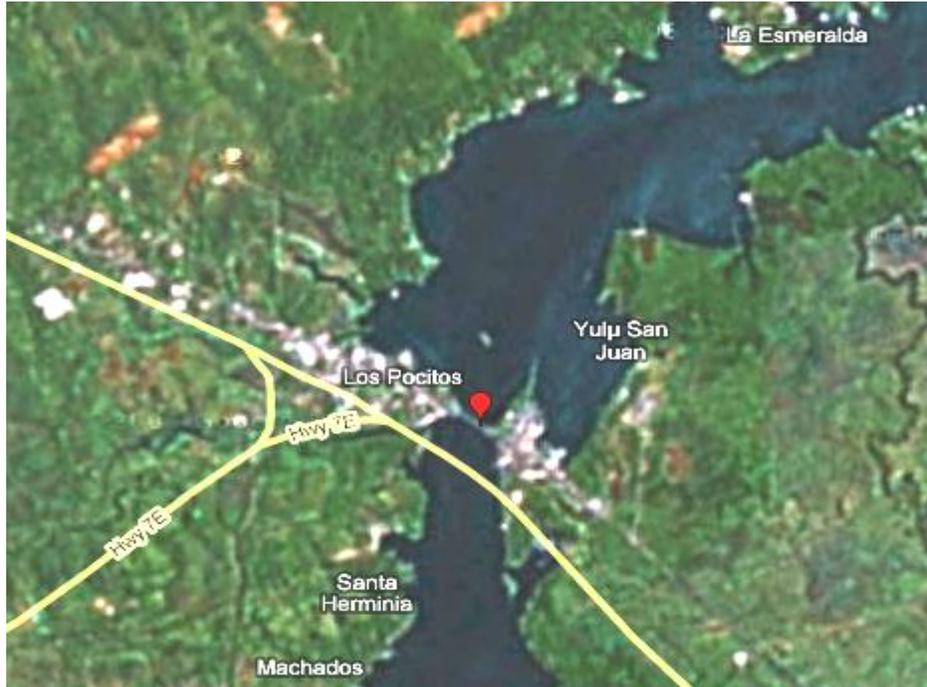


Figura 8.3. Localización por medio de SMS.

8.4. Sistema de localización por medio de GPRS

El sistema de localización por medio de GPRS se puede observar en la figura 84 donde se realiza una conexión por medio de la red de GPRS hacia el internet para después conectarse con la aplicación desarrollada en un servidor.

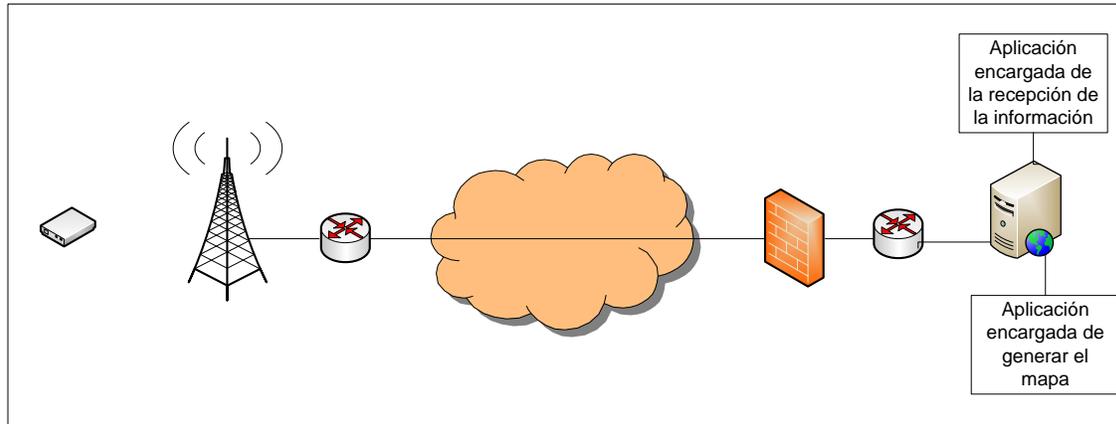


Figura 8.4. Interconexión entre el dispositivo de localización y el servidor.

Una ventaja de realizar esta aplicación es que se cobra por KB enviado por lo tanto el costo de operación es mas barato, otra ventaja es que la información no sufre de retraso durante el periodo de transmisión de información comparado con los mensajes de texto.

Para poder usar esta aplicación se tuvo que desarrollar una aplicación web para que la información fuera almacenada y así poder ser procesada para después obtener la ubicación de forma detallada.

8.4.1 Descripción del software utilizado:

El software que se desarrollo en el modulo GM862-GPS se puede ver en la figura 85; este modulo tiene implementado el stack de protocolos de tcp/ip, por lo tanto se pueden realizar conexiones de tcp con cualquier servidor.

Para poder implementar la aplicación se desarrollo una aplicación en el protocolo de tcp y se uso una comunicación entre las aplicaciones a nivel de

http esto con el fin de garantizar que la información llegue al servidor para poder ser procesada.

En la figura 8.5. Se puede observar el software que se desarrollo para que esta pudiera transmitir la información al servidor; el software se realizo en python.

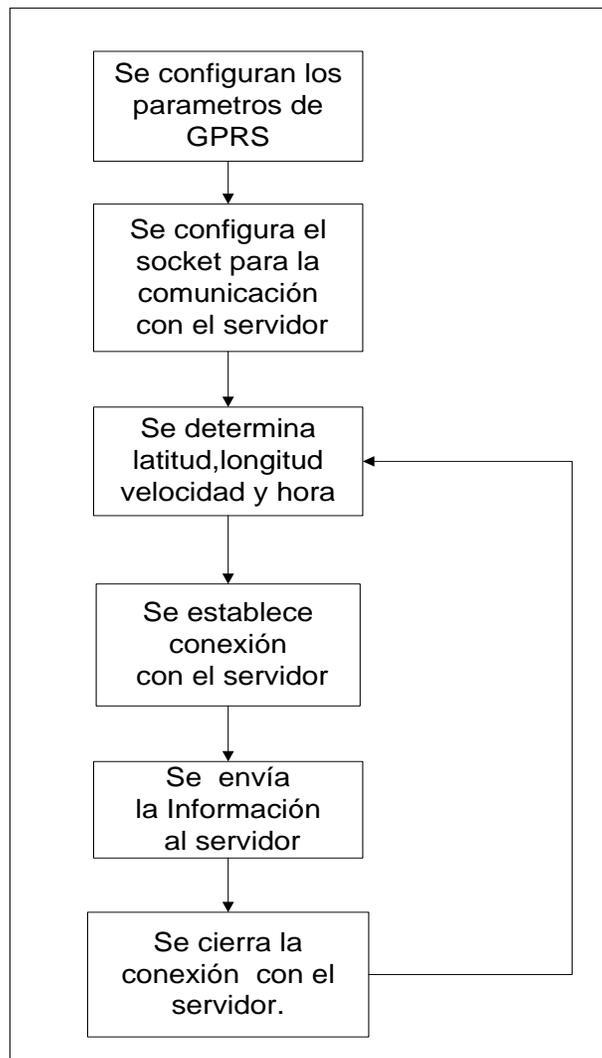


Figura 8.5. Software desarrollado para el modulo GM862-GPS.

8.4.2 Descripción de la aplicación web

La aplicación web que se desarrollo se divido en dos bloques. El primer bloque es el encargado de recibir la información y almacenarla esta aplicación se desarrollo en php, esta se encarga de recibir la información en http e interpretarla para poder ser almacenada

El segundo bloque que se desarrollo es el encargado de generar un archivo con la información almacenada para que pueda ser interpretada por google earth.

En la figura 8.6. se puede observar un mapa con la ruta generada por una aplicación web en esta figura se puede observar la fecha a la cual se realizo la prueba la hora al cual se hizo la captura de la posición y también la velocidad a la cual se estaba moviendo el carro así como la altura sobre el nivel del mar.



Figura 8.6. Ruta generada por el servidor.

CAPITULO IX

9. ANEXOS

9.1 Python

Este es un lenguaje de alto nivel interpretado, lo que ahorra un tiempo considerable en el desarrollo del programa, pues no es necesario compilar.

- Variables

Las variables no tienen tipo, así que no hay que declararlas. Aparecen cuando se les asigna algo y desaparecen al dejar de usarlas. La asignación se realiza mediante el operador `=`. Para comprobar la igualdad se utiliza el operador `==`. Se pueden asignar varias variables a la vez:

```
x,y,z = 1,2,3
primero, segundo = segundo, primero
a = b = 123
```

Para poder escribir comentarios se usa el carácter `#`

- Operadores

Python soporta los siguientes operadores aritméticos:

```
+ - * / % ** ~ << >> & ^ |
```

También soporta los siguientes operadores lógicos y relacionales:

```
is in < <= > >= == != not and or
```

Además soporta los operadores de asignación

= += -= *= /= %= **= <<= >>= &= ^= |=

- Estructuras de control

Python soporta las estructuras if y while.

Para definir bloques de código, se utiliza tabulación solamente (nada de BEGIN/END ni llaves). Ejemplo:

```
if x < 5 or (x > 10 and x < 20):
    print "El valor es correcto."
x = 10
while x >= 0:
    print "x todavía no es negativo."
    x = x-1
```

- Estructura IF

Sintaxis:

if condición:

aquí van las órdenes que se ejecutan si la condición es cierta
y que pueden ocupar varias líneas

else:

y aquí van las órdenes que se ejecutan si la condición es
falsa y que también pueden ocupar varias líneas

Ejemplo:

```
Edad=19
if edad<18:
    print 'Eres menor de edad'    #condición verdadera
else:
    print 'Eres mayor de edad'    #condición falsa
    print '¡Hasta la próxima!'
```

La primera línea contiene la condición a evaluar. La línea termina por dos puntos. A continuación viene el bloque de órdenes que se ejecutan cuando la condición se cumple (es decir, cuando la condición es verdadera). Todo el bloque está tabulado. Este detalle es bastante importante, puesto que Python utiliza el tabulado para reconocer las líneas que forman un bloque de instrucciones. Después viene una línea con la orden else, que indica a Python que el bloque que viene a continuación se tiene que ejecutar cuando la condición no se cumpla (es decir, cuando sea falsa). También hay dos puntos al final de la línea. En último lugar está el bloque de instrucciones tabuladas que corresponden al else.

- Estructura While

Sintaxis:

while condición:

 cuerpo del ciclo, que se repetirá mientras la condición sea cierta.

Ejemplo:

```
i = 1
```

```
while i <= 11:
```

```
print i,  
i = i + 1      #esta función imprime los números de 1 a 10
```

La instrucción `while` permite definir ciclos, como hace la instrucción `for`. Pero así como en un ciclo `for` el número de veces que se repite el ciclo está definido desde que se empieza a ejecutar el ciclo, en un ciclo `while` cada vez que se va a repetir el ciclo se comprueba si efectivamente hay que repetirlo.

- Funciones

Sintaxis:

```
def nombreFuncion( par1, par2, ... ):  
    bloque de  
    instrucciones
```

Todos los parámetros en Python se pasan por referencia.

En cualquier momento podemos salir usando:

`return` o devolver un valor con `return valor`

CAPITULO X

10. Conclusiones

El margen de error promedio del receptor de GPS es 3.12×10^{-9} comparado con la superficie de Guatemala.

Una forma sencilla y económica para determinar la ubicación y velocidad en cualquier punto en la tierra es usando el sistema GPS.

Con el sistema de coordenadas Geográficas se puede expresar cualquier punto sobre la tierra.

La tecnología GSM está basada en el uso de la tarjeta SIM que almacena todos los datos del usuario. El servicio está asociado a la tarjeta SIM y no al teléfono celular.

La tecnología GSM incluye el soporte de los servicios de datos con GPRS.

Como en GPRS la comunicación esta basada en paquetes, solo se paga por la información que se esta transmitiendo.

El modulo gm862-gps posee todas las herramientas necesarias para poder implementar aplicaciones en GSM, SMS y GPRS.

El sistema de localización por medio de SMS se puede usar cuando no se tiene acceso a internet.

Otra ventaja del sistema de localización por medio de SMS es que se puede activar desde cualquier teléfono celular y también obtener la información en cualquier celular.

El sistema de localización por medio de GPRS es una buena opción cuando se desea monitorear el carro constantemente.

Otra ventaja de este sistema es que con la aplicación web se puede llevar el control y un historial de lo sucediendo.

Cuando se desee realizar aplicaciones donde no se tenga acceso a internet el modulo GM862-GPS se puede utilizar como interfaz de comunicación entre la aplicación y el internet.

Gracias a la tecnología que hay disponible se pudo implementar este proyecto con un solo dispositivo electrónico.

CAPITULO XI**8. Bibliografía**

1. Ahmed El-Rabbany
2002. Introduction to GPS: The Global Positioning System
Estados Unidos de America

2. Guochang Xu
2003 GPS: Theory, Algorithms and Applications
Estados Unidos de América

3. Friedhelm Hillebrand
2002 Global system for mobile communications
Estados Unidos de America

4. Gunnar Heine, Holger Sagkob
2003 GPRS: Gateway to Third Generation Mobile Networks
Estados Unidos de America