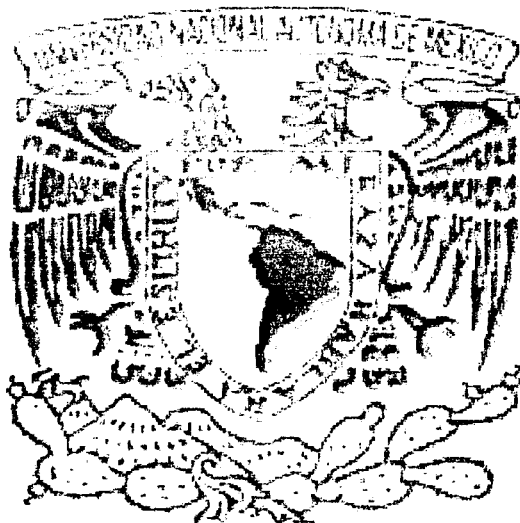


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

INGENIERIA MECANICA ELECTRICA



“SISTEMA DE COMUNICACIÓN MÓVIL BAJO EL ESTANDAR GSM”

TESIS QUE PRESENTA CONJUNTAMENTE:

CABALLERO ROMERO ENRIQUE

ROMERO MORENO MIGUEL ANGEL

PARA OBTENER EL TITULO DE :

INGENIERO MECANICO ELECTRICO

**ASESOR DE TESIS:
ING. PABLO LUNA ESCORZA**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PAGINACION DESCONTINUA

AGRADECIMIENTOS MIGUEL ANGEL:

Dedico ésta obra con mucho agradecimiento a :

Mi madre por todo el cariño con que siempre me ha llevado a lo largo de mi vida.

Mi padre por todo su apoyo en todos mis proyectos, por sus consejos y llamadas de atención que me han ayudado a ser una mejor persona, y por tener conmigo la mejor de las comunicaciones.

Mi asesor por el apoyo y motivación a hacer un mejor esfuerzo en todo desempeño, por la forma de compartir con nosotros sus experiencias de la vida las cuales me ayudaron a tomar algunas buenas decisiones.

Mis compañeros y maestros por el apoyo en mis estudios.

Mis hermanos por el afecto y fraternidad con que siempre me han tratado y escuchado, lo cual ha sido muy importante en la culminación de este proyecto.

Mi escuela la U.N.A.M. Agradezco a esta institución por permitirme estudiar una carrera sin ninguna distracción económica, por permitirme contar con las herramientas suficientes para el desempeño de mis tareas y por haberme permitido gozar de algunos de los mejores años de mi vida.

Y principalmente a Dios por haberme dado la vida.....

GRACIAS TOTALES.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

AGRADECIMIENTOS ENRIQUE:

A DIOS:

Quien me otorgo la vida.

A MIS PADRES:

Por su apoyo y sacrificio en mi formación, ahora reflejados por fin en uno de sus mas ansiados anhelos.

A MIS HERMANOS:

Ya que con su ejemplo me enseñaron a ir siempre adelante.

A DULCE:

Con su fortaleza, amor y amistad me motivo a no desfallecer aun siendo el camino sinuoso.

A LA UNAM:

Quien me acogio en sus brazos y me dio la oportunidad de formar parte de sus filas.

A LA FAMILIA DE TAE KWON DO:

Los cuales me mostraron que con disciplina y sacrificio es posible alcanzar tus metas.

A MIS PROFESORES:

Ya que sin sus enseñanzas no hubiera sido posible la culminación de esta obra.

A MIS AMIGOS:

Quienes con sus consejos , bromas y risas me hicieron mas ameno este camino.

YA TODOS AQUELLOS QUE OLVIDE MENCIONAR:

Gracias tambien....

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INDICE GENERAL

TEMA	PAGINA
INTRODUCCIÓN.....	i
CAPITULO 1	
“ INTRODUCCIÓN A LAS TELECOMUNICACIONES MÓVILES Y GSM”	
I.1. Breve descripción del desarrollo de la Telefonía Móvil.....	1
I.1.1. Breve historia del as comunicación las comunicaciones inalámbricas.....	1
I.1.2. Comparación entre Sistema Analógico y Sistema Digital.....	2
I.1.3. ¿Que significa GSM?.....	4
I.1.4. Breve historial del desarrollo de GSM	5
I.2 Elementos del Sistema	
I.2.1 Elementos del Sistema.....	9
I.2.2 Componentes del Sistema de conmutación (SS).....	11
I.2.3 Componentes del Sistema de Estación Base(BSS).....	12
I.2.4 Centros de Monitoreo de la Red.....	12
I.2.5 Estación Móvil (MS).....	13
I.3 Estructura Geográfica de la Red GSM.....	14
I.3.1. Célula.....	14
I.3.2. Area de localización.....	14
I.3.3. Area de servicio de MSC.....	15

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

TEMA	PAGINA
I.3.4. Area de servicio de PLMN.....	15
I.3.5. Area de servicio GSM.....	15
I.4 Bandas de frecuencia en GSM	
I.4.1. GSM 900.....	17
I.4.2. GSM 1800.....	17
I.4.3. GSM 1900.....	17
I.5 Términos usados en GSM.....	18

CAPITULO II

“CONCEPTOS PARA TELEFONÍA INALÁMBRICA USADO EN GSM”

II.1 Conceptos de frecuencia.....	19
II.1.1. Definición de Frecuencia	20
II.1.2. Velocidad de transmisión.....	21
II.1.3. Método de modulación.....	21
II.1.4. Capacidad y reuso de frecuencias.....	21
II.1.5. Ancho de banda.....	22
II.1.6. Método de Acceso :Multi-acceso por División Tiempo (TDMA)	22
II.1.7. Transmisión digital y analógica.....	24
II.1.8. Ventajas de usar transmisión digital.....	26

TEMA	PAGINA
II.2 Conceptos de Canal	27
II.2.1. Canales.....	27
II.2.2. Distancia Duplex	27
II.2.3. Separación de portadoras.....	28
II.2.4. Introducción a Canal físico y lógico.....	29
II.2.4.1. Canales lógicos.....	30
II.2.4.2. Canales de control.....	31
II.2.4.3. Canales de tráfico.....	33
II.3. Burst	34
II.3.1. Tipos de Burst.....	34
II.3.2. Relación entre burst y trama.....	35
II.3.3. Mapeo de Canales Lógicos en Canales Físicos.....	37
II.3.3.1. DCCH en TS1 o TS2.....	37
II.3.3.2. Frecuencia portadora 0, timeslot 0.....	37
II.3.3.3. Frecuencia portadora 0, timeslot 1.....	38
II.3.3.4. Frecuencia portadora 0, timeslot 2-7.	38
II.4 Uso de canales lógicos durante una llamada	39

TEMA	PAGINA
CAPÍTULO III	
“TRANSMISIÓN EN EL SISTEMA GSM”	
III.1 Proceso de Transmisión GSM.....	40
III.1.1. Fase 1: Modulación por codificación de pulsos (PCM).....	40
III.1.1.1. Primer Paso: Muestreo.....	40
III.1.1.2. Segundo Paso: Cuantización.....	41
III.1.1.3. Tercer Paso: Codificación.....	42
III.1.1.4. Conclusión de la conversión A/D.....	42
III.1.2. Fase 2:Segmentación	43
III.1.3. Fase 3:Codificación de voz.....	44
III.1.4. Fase 4:Código de canal.....	44
III.1.5. Fase 5:Interleaving.....	46
III.1.5.1. Primer nivel de interleaving.....	46
III.1.5.2. Segundo nivel de interleaving.....	47
III.1.6. Fase 6:Cifrado/criptación.....	47
III.1.7. Fase 7:Formteo de Burst.....	48
III.1.8. Fase 8:Modulación y transmisión.....	49
III.2. Problemas de transmisión.....	50
III.2.1. Path Loss (pérdida por distancia).....	50

TEMA	PAGINA
III.2.2. Shadowing (Pérdida por sombra).....	50
III.2.3. Pérdida Multipath (Perdida por multitrectoria).....	50
III.2.4. Pérdida Rayleigh.....	51
III.2.5. Dispersión de tiempo.....	52
III.2.6. Alineamiento de tiempo.....	52
III.2.7. Pérdida por combinación de señal.....	53
III.3. Solución a problemas de transmisión.....	55
III.3.1. Códigos de Canal.....	55
III.3.2. Interleaving.....	56
III.3.3. Diversidad.....	57
III.3.4. Ecuación adaptativa.....	58
III.3.5. Frequency hopping (salto de frecuencia).....	59
III.3.6. Timing Advance.....	60
CAPITULO IV	
“ELEMENTOS DE LA RED GSM”	
IV.1 Descripción general de los elementos de la Red GSM.....	61
IV.2 Sistema de Switcheo (Switching System SS).....	62
IV.2.1. Centro de Conmutación Móvil (MSC)	62
IV.2.2. Registro de Usuarios Locales (HLR)	64
IV.2.3. Gateway MSC (GMSC)	65
IV.2.4. Centro de autenticación (AUC)	66

TEMA	PAGINA
IV.2.5. Registro de Identificación del equipo(EIR)	70
IV.3 Sistema de Estación Base (BSS)	71
IV.3.1. Introducción.....	71
IV.3.2. Controlador Transcodificador (TRC)	73
IV.3.3. Estación de Control de Base (BSC)	74
IV.3.4. Estaciones Radio Base (RBS)	78
IV.3.5. Otro equipo de acceso a red.....	80
IV.4 Estación Móvil (MS)	82
IV.4.1. Introducción.....	82
IV.4.2. Funciones de la Estación Móvil.....	82
IV.4.3. Medidas hechas por la Estación Móvil.....	83
IV.4.4. Funciones de ahorro de energía.....	84
IV.4.5. Módulo de Identificación de suscriptor (SIM)	85
IV.4.6. Información requerida almacenadas en la SIM card.....	87
IV.5 Subsistema de Operación y Mantenimiento (OSS)	89
IV.5.1. Centro de mantenimiento de red (NMC)	90
IV.5.2. Aplicaciones del Subsistema de Operación y Mantenimiento (OSS)	91

TEMA	PAGINA
IV.5.3. Service Order Gateway (SOG) y Billing Gateway (BGW.....	97
CAPITULO V	
“CASOS DE TRÁFICO EN LA RED GSM”	
V.1 Uso de las identidades dentro de la Red GSM.....	99
V.1.1 Numero de Identidad de la Estación Móvil ISDN (MSISDN)	99
V.1.2 Identidad del suscriptor (IMSI)	100
V.1.3 Identidad del equipo móvil (IMEI).....	101
V.1.4 Identidad de Versión de Software en la Estación Móvil (IMEISV)	102
V.1.5 Identidad Temporal a un Suscriptor Roaming (MSRN)	102
V.1.6 Identidad de Area de Localización (LAI)	103
V.1.7 Identidad de Celdas Individuales en un Area de localización(CGI)	103
V.1.8 Identidad de celdas con misma frecuencia pero con diferente Radio base (BSIC)	104
V.1.9 Identidad de área geográfica (LN)	104
V.2 Casos de tráfico.	
V.2.1 Estación móvil en modo activo.	106
V.2.1.1 Llamada desde una estación móvil.	106
V.2.1.2 Llamada hacia una estación móvil.	108
V.2.1.3 Handover-intra BSC.	110
V.2.1.4 Handover-inter-BSC, intra-MSC.....	111

TEMA	PAGINA
V.2.1.5 Hanover-inter-MS.	112
V.2.2 Casos de tráfico Internacional.	113
V.2.2.1 Enganche de una IMSI.	113
V.2.2.2 Función del Dropback.	114
V.2.3 Servicio de mensajes cortos.	115
V.2.3.1 Estación móvil genera un mensaje corto.	115
V.2.3.2 Estación móvil recibe un mensaje corto.	116
CONCLUSIONES	117
BIBLIOGRAFÍA.....	122
GLOSARIO.....	124

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

INTRODUCCIÓN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Introducción:

El presente trabajo de tesis tiene como objetivo principal, mostrar las características primordiales que se tienen dentro de la Red de telefonía móvil bajo el estándar GSM, para que así las personas que tengan la oportunidad de leer esta obra se involucren de una manera fácil y sencilla en esta.

Esta obra se encuentra dividida en 5 capítulos. En el primero de estos se hace una breve esbozo acerca del desarrollo de las Telecomunicaciones móviles , pero se pone énfasis en el crecimiento de la Red GSM y como esta fue tomando forma hasta lo que ahora conocemos. En el Capítulo II y III nos involucramos en los conceptos fundamentales dentro de la telefonía móvil para así poder comprender de una manera más concisa lo que se maneja en el Capítulo IV , el cual nos habla de los principales elementos que conforman nuestra Red GSM, y por último en el Capítulo V, con base a todos los capítulos anteriormente descritos, se muestran los diferentes tipos de casos de tráfico que se nos pueden presentar en nuestra Red y como es que entre nuestros elementos fundamentales de la Red se comunican para poder establecer las llamadas.

Este trabajo se inicia con una introducción general de lo que nos puede brindar una tecnología como esta a cualquier persona que adquiera sus servicios.

Hablemos de GSM (Sistema de Comunicación Móvil) , esta es una Red la cual esta implementada en toda Europa, gran parte de Asia, Estados Unidos, África y en Latinoamérica cuenta solo con Chile, Brasil y en un futuro México.

Pero ¿qué tiene GSM que no tengan las otras Redes? La respuesta es algo difícil de contestar, a lo largo de esta obra se muestran las diferencias técnicas que esta tiene sobre las otras pero ahora hablemos sin entrometernos en estos tecnicismos .

Las ventajas que tenemos con este tipo de Red es que podemos hacer una llamada a una persona que tenga un teléfono de tecnología GSM marcando el mismo número que nos proporcione, sin importar si se encuentra en México, España, Sudáfrica o Brasil, sin necesidad de marcar alguna clave de larga distancia , lo único que se necesita es que la persona con la que nos queremos comunicar se encuentre dentro de un país que cuente con esta Red y que el proveedor de servicios de telefonía de ese país tenga algún convenio con el proveedor de servicios del país del cual se dio de alta el teléfono de la persona que esta fuera de este.

Esta sin duda es una gran ventaja ya que hablando de Europa en donde los países son pequeños y suponiendo que una persona viaja constantemente de Holanda hacia Francia imaginemos la cantidad de dinero que esta persona tendría que pagar por las veces que le llamen de larga distancia, pero también imaginemos que el sistema de telefonía móvil de Holanda no sea compatible con el sistema de telefonía móvil con el que cuenta Francia, sería algo difícil.

Con esta Red todo esto cambia ,ya que como su nombre lo dice, trata de ser un estándar de telefonía global, sí, ese es el futuro de esta Red ser Global, y que no importando en que

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

parte del Mundo nos encontremos con el solo hecho de marcar el mismo número con el cual nos llaman en México , nos puedan encontrar en casi cualquier parte.

Pero ahí no termina todo, con el uso de este sistema tenemos una gran seguridad en caso de que nos roben nuestro teléfono , ya que cuenta con un sistema de seguridad el cual inhibe de su uso a cualquier teléfono robado pero no solo en México, si no en todos los países que tengan esta tecnología.

Continuando con las posibilidades que esta Red nos brinda hablemos del uso que ahora podremos tener de nuestro teléfono móvil a la Red de Internet, aunque esto no es nuevo en la telefonía celular , pero ahora si será más parecido a lo que podemos tener en nuestras computadoras, pero no termina ahí, esta red cuenta con un elemento el cual nos permite conectar nuestro teléfono a alguna computadora y navegar por Internet sin la necesidad de un cable y a una velocidad mayor que la que nos proporciona algunos proveedores de este servicio.

Todas estas ventajas que nos proporciona esta Red están basadas en los principios que se explican en este trabajo.

CAPITULO 1

“ INTRODUCCIÓN A LAS TELECOMUNICACIONES MÓVILES Y GSM”

EL C
FALLA DE ORIGEN

I.1. Breve descripción del desarrollo de la Telefonía Móvil

I.1.1. Breve historia de las comunicación inalámbricas

Las comunicaciones móviles es una de las de mas rápido crecimiento y con mayor demanda de todas las tecnologías de comunicación. Esto representa un gran incremento nuevos suscriptores de telefonía celular.

No nos extraña que en el futuro(si no es que ahora mismo) existan mayor numero de teléfonos móviles que teléfonos fijos. Las ventajas que estos representan sobre los otros son muchas, únicamente en nuestro país la gran desventaja que se tiene es que aún el costo es elevado.

El origen de las comunicaciones móviles crecieron rápidamente, desde la invención del radio alrededor de 1800.Las primeras aplicaciones de radio fueron utilizadas en la navegación. Pero no fueron todas las aplicaciones, a continuación en la tabla 1.1 se muestra el desarrollo de las comunicaciones móviles.

FECHA	ACTIVIDAD
1906	Reginald Fesseden transmitió con éxito la voz humana a través ondas de radio. Ahora esto es conocido como transmisión en Clave Morse.
1921	La policía en Detroit uso una frecuencia de 2 Mhz en el primer vehículo con radio frecuencia. El sistema solo tenía un canal y la policía tenia que encontrar un teléfono para responder al mensaje de radio.
1930	El uso de la Amplitud Modulada por medio de dos canales , tuvo lugar en Estados Unidos y esto fue el principio del desarrollo de "oprimir para hablar" (push to talk) o la transmisión half duplex .
1935	La invención de la Amplitud Modulada incrementó la calidad del sonido. El uso de FM requería menor cantidad de potencia para operar. Esto hizo más fácil la transmisión en vehículos.
1940's	La Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) reconoció este tipo de comunicación y lo clasificó como Red Publica Domestica Móvil (DPLM). La primera DPLM fue implementada en San Louis en 1946 y utilizaba la banda de 150 Mhz. El siguiente año fue desarrollado otro sistema que comunicaba la Ciudad de New York y Boston usando la banda de 35-40 Mhz.
1947	D.H Ring trabajaba en los Laboratorios Bell y tuvo la visión del Concepto Celular.
1948	Shockley Bardeen en los laboratorios Bell inventan el transistor para facilitar el equipo electrónico incluyendo el radio quien fue miniaturizado.
1969	Los países Nórdicos (Suecia, Finlandia, Islandia, Dinamarca y Noruega) Acuerdan formar un grupo para implementar algunos estándares en Telecomunicaciones .A este grupo le llamaron Nordic Mobile Telephone (NMT) ,el primero en su tipo.
1973	El grupo NMT especifica el tipo de localización de los teléfonos entre estos países. Esto iniciara las bases del Roaming.
1981	Es lanzada y puesta en operación la primera red celular en el mundo en Arabia Saudita basada en el sistema analógico .
1991	La primer Red celular con el estándar GSM es implementada.

Tabla 1.1 Desarrollo de las comunicaciones móviles

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Algunos estándares de telefonía móvil se muestran en la tabla 1.2

AÑO	EESTANDAR	SISTEMA DE TELEFONIA MOVIL	TECNOLOGIA	MERCADOS PRIMARIOS
1981	NMT 450	Telefonía Móvil Nórdica	Analógica	Europa
1983	AMPS	Sistema de telefonía móvil avanzada	Analógica	Norte América
1985	TACS	Sistema de comunicación móvil de acceso total	Analógica	Europa y China
1986	NMT 1900	Telefonía Móvil Nórdica	Analógica	Europa
1991	GSM	Sistema Global para Comunicación Móvil	Digital	Europa, Norteamérica, Asia .
1991	TDMA	Acceso por División de Tiempo	Digital	Norte y Sudamérica
1992	CDMA UNO	Acceso por división de código.	Digital	Norteamérica y Asia
1992	GSM 1800	Sistema Global para Comunicación Móvil	Digital	Europa
1994	PDC	Celular Digital Personal	Digital	Japón
1995	PCS 1900	Servicios Personales de Comunicación	Digital	Norteamérica

Tabla 1.2 Estándares de telefonía móvil

I.1.2 Comparación entre Sistema analógico y digital

En el mundo de las comunicaciones móviles podemos enlistar que existen dos tipos:

- Las comunicaciones analógicas
- Las comunicaciones digitales

Cada una de estas tiene sus características propias, pero las comunicaciones de forma digital tiene una serie de ventajas con respecto a las analógicas.

En la siguiente tabla se enlistan solo algunas de las ventajas que tiene una transmisión digital con respecto a una analógica:

CARACTERÍSTICAS	ANALÓGICO	DIGITAL
<i>Eestandarización</i>	<u>Falta de eestandarización internacional.</u> Ha hecho que cada país desarrollase su propio sistema, provocando la incompatibilidad.	<u>Existencia de eestandarización internacional.</u> Los estándares internacionales garantizan la compatibilidad entre los sistemas de países distintos, permitiendo a los abonados usar

		sus propios terminales en aquellos países que hayan adoptado el estándar digital y que hayan estipulado un acuerdo con el propio proveedor del servicio.
Roaming Internacional (Movilidad)	<p><u>Limitado.</u></p> <p>El roaming está limitado debido a la inseguridad de los sistemas analógicos a los accesos no autorizados por los países que adoptan el mismo estándar y a causa de la incompatibilidad técnica para los países que adoptan estándares diversos.</p>	<p><u>Ilimitado.</u></p> <p>El roaming no está limitado a las áreas cubiertas por un cierto sistema; las llamadas pueden ser tasadas y tratadas usando el mismo número personal también cuando un abonado se traslada de un país a otro.</p>
Capacidad	<p><u>Limitada.</u></p> <p>Las señales de radio analógicas comportan un aprovechamiento ineficaz de los recursos del espectro radio; cada soporte de radio viene asociado a un único usuario (SCPC = Single Channel Per carrier) empleando un canal radio para cada conversación y limitando el nuevo uso de las frecuencias radio (imposibilidad de crear celdas con pequeños diámetros).</p> <p>El sistema no permite ofrecer un número elevado de abonados en el interior de un área limitada.</p>	<p><u>Potenciada.</u></p> <p>Las señales radio digitales desarrollan mejor el espectro radio permitiendo el tener celdas también con pequeños diámetros (algún centenar de metros). De este modo el sistema puede servir en un área determinada, a un número elevado de abonados. Además el soporte radio está asignado a más usuarios a través de un acceso múltiple a división de tiempo (TDMA = <i>Time Division Multiple Access</i>). Actualmente en el GSM, en cada canal radio, pueden conversar hasta 16 usuarios contemporáneamente con el código <i>Half Rate</i></p>
Calidad	<p><u>Suficiente.</u></p> <p>El número limitado de frecuencias disponibles y la falta de algoritmos de codificación, aptos para proteger la señal de molestias y de interferencias co-canal, implican frecuentemente una calidad fónica apenas suficiente.</p>	<p><u>Buena y constante.</u></p> <p>Gracias a la mejora del control de los recursos radio (potencia variable ya sea en MS como en BTS), de la codificación, del <i>interleaving</i> y del <i>frequency hopping</i>, las estaciones móviles están en grado de ofrecer una mejor calidad, aún en condiciones de propagación variable.</p>

Costos	<p><u>Elevados.</u></p> <p>Para los <i>operadores</i>, los costos del sistema son más altos a causa del elevado número de canales radio utilizados por un sistema analógico (cerca de 600 en un sistema TACS), que implica la instalación de un número elevado de receptores radio para cada propia BTS, que por tanto necesita de un mayor trabajo ya sea en la instalación como en el mantenimiento.</p>	<p><u>Reducidos.</u></p> <p>Para los <i>operadores</i>, los costos del sistema son relativamente bajos; de hecho en un sistema digital el número limitado de canales radio (124 en GSM) permite el uso de un número inferior de receptores radio para BTS, con el consiguiente ahorro de dinero en términos de espacio, aparatos y tiempo de instalación.</p> <p>Para los <i>usuarios</i>, los costos de los terminales son más bajos, puesto que el estándar es internacional, la cantidad es mayor y los fabricantes pueden beneficiarse de significativas economías de escala.</p>
Seguridad en el acceso al sistema y en las conversaciones	<p><u>No protegido.</u></p> <p>Los sistemas analógicos tienen la desventaja de no poseer mecanismos con autenticación de los terminales. Esto no excluye la interceptación y explotación no autorizada o abusiva de los datos de acceso de los usuarios.</p> <p>Las conversaciones se pueden además monitorizar y seguir por cualquiera que posea un modesto aparato.</p>	<p><u>Protegido.</u></p> <p>Las potentes técnicas de autenticación y código secreto para todos los datos de señalización y conversación permiten un acceso protegido a la red para una parte de los usuarios, garantizando un elevado grado de confidencialidad.</p>

· Tabla I.3 Comparación entre Sistema Analógico y digital

I.1.3 ¿Que significa GSM?

GSM su significado es: Global Sistem for Mobile Communication, que en español quiere decir: Sistema Global para la Comunicación Móvil.

Las ventajas que este tiene sobre los otros sistemas de comunicación son principalmente:

- Un suscriptor que se encuentra en un país , puede ser encontrado con su mismo número en cualquier otro país que tenga este tipo de sistema implementado. Por ejemplo: si un suscriptor tiene el numero 52021348 y viaja a Suecia , con este mismo numero marcando desde México puedo localizarlo sin necesidad de buscar la clave lada de ese país.

- Todas las señales que se envían y reciben en el proceso de las llamadas son totalmente digitales , lo que hace mas confiable este sistema.
- El sistema de acceso hacia el móvil es TDMA(Acceso múltiple por división de tiempo), lo cual permite tener una mayor seguridad al establecer una llamada.
- Los teléfonos móviles implementados en este sistema podrán tener acceso al Internet, de manera mas sencilla que sus antecesores.
- Debido a que el teléfono móvil funciona de manera dinámica , es posible ahorrar energía tanto del móvil, como del sistema que transmite información a ese móvil, ya que este sistema no desperdicia recursos.
- La Red contiene algunos dispositivos, los cuales nos permitirán evitar los fraudes . Esto era muy fácil de cometer en los anteriores sistemas, en GSM es prácticamente imposible.
- Es posible recibir información de Fax y guardarlo en mi teléfono móvil hasta poderlo conectar en un equipo de fax.
- También ofrece algunos de los servicios que se tienen en la telefonía fija como son: identificador de llamadas, llamada en espera, conferencia de llamadas, buzón de mensajes, entre otros.

Las ventajas que este sistema nos ofrece son muchas pero las descubriremos conforme se avance en la lectura de esta obra.

I.1.4 Breve historial del desarrollo de GSM

A principios de los 80's, los sistemas telefónicos móviles analógicos han tenido un rápido desarrollo en Europa, y así cada nación desarrolló un sistema propio, pero que era incompatible con los sistemas de otros países. Esta situación no era agradable, porque no sólo los sistemas móviles debían limitar su operatividad dentro de los confines nacionales, (que en una Europa unida se estaban convirtiendo cada vez en más numerosos, menos importantes), sino que también creaba un mercado muy limitado para los varios tipos de preparaciones necesarias a la implantación y al desarrollo de las redes, de tal forma que no podían realizarse economías de gran escala con los consiguientes ahorros tanto a favor del usuario como de los operadores de red.

En 1982, un gestor público de servicios de telefonía móvil de los países nórdicos (Nordic PTT) envió una propuesta al CEPT (Conference Européenne de Postal et Télécommunications) para la implantación de un servicio común de telefonía móvil europeo en la frecuencia de los 900 MHz. El CEPT decidió entonces formar el Groupe Speciale Mobile (del que proviene el nombre GSM) con el fin de desarrollar un estándar pan-europeo

para las comunicaciones celulares. Actualmente el acrónimo GSM está para Global System for Mobile Communication, donde se ha querido utilizar el término global a causa de la adopción de este estándar en cada continente del planeta.

Entre 1982 y 1985 se planteó qué tipo de sistema construir: digital o analógico. Pero en 1985, tras numerosas discusiones, el grupo decidió implantar un sistema basado en tecnología digital. El paso siguiente fue el de elegir entre la solución de banda ancha (broadband) o banda estrecha (narrowband). Por esta razón, en 1987 se efectuaron en París pruebas de campo, en las que diferentes fabricantes propusieron soluciones diversas (broadband y narrowband). En mayo de 1987 se eligió la solución **narrowband TDMA** (Time Division Multiple Access).

En el mismo periodo las 13 primeras naciones (en el Reino Unido dos operadores) firmaron el **MoU** (Memorandum of Understanding), comprometiéndose a respetar las normativas y prometiendo tener el mismo sistema basado en el estándar GSM operativo a partir de primeros de Julio de 1991. El cuerpo del estándar estaba formado inicialmente por poco más de cien normativas -a cuya redacción colaboraron PTT, centros de búsqueda y empresas manufactureras de toda Europa- y representa uno de los proyectos más ambiciosos de los últimos diez años de la European Telecommunications Standar Institute (ETSI), al cual la CEE le ha mandado unificar la normativa europea en el sector de las telecomunicaciones y que en 1990 publicó la Fase I de las normativas del sistema GSM. Los primeros servicios comerciales fueron lanzados a mediados de 1991, y en 1993 estaban ya operativos 36 redes GSM en 22 países.

Las normativas se ampliaron enseguida para incluir una interfaz aérea también para la banda de los 1800-1900 MHz (DCS1800- PCS1900). En particular a USA se le ha concedido la banda de los 1900 MHz y a Europa y a los otros países extranjeros la de los 1800 MHz.

A pesar de que se haya estandarizado ya en Europa, el sistema GSM no es sólo un estándar europeo, de hecho hay redes GSM operativas o planificadas en 1996 en otros 100 países de todo el mundo. El aumento de los abonados ha sido vertiginoso: 1.3 millones a inicios de 1994, 5 millones a inicios de 1995, hasta alcanzar los 10 millones en 1995 tan sólo en Europa.

El estándar GSM reúne una serie de mejoras e innovaciones respecto a las redes celulares existentes, destinadas a un uso eficiente del espectro de las radio-frecuencias (RF), a la seguridad de la transmisión, a la mejora de la calidad de conversación, a la reducción del costo de los terminales, de las infraestructuras y de la gestión, a la capacidad de soportar nuevos servicios y a la plena compatibilidad con la red ISDN (Integrated Services Digital Network) y con otras redes de transmisión de datos.

Además, la red radio móvil GSM constituye el primer sistema estandarizado para usar una técnica de transmisión numérica por el canal radio: este punto representa una característica peculiar de la red, en tanto en cuanto todos los sistemas radio celulares anteriores, utilizaban técnicas de transmisión analógicas. Otra característica de base del sistema es el *roaming* (movilidad), es decir la posibilidad ofrecida al usuario de móvil, de acceder a los servicios GSM también cuando se encuentra físicamente fuera del área de cobertura de la propia red de suscripción, registrándose como usuario visitante. El Roaming es completamente automático dentro de todas las naciones con cobertura del sistema GSM. Además de la

posibilidad de efectuar Roaming, el GSM ofrece nuevos servicios para el usuario, como la transmisión de datos, el servicio fax y el servicio de transmisión breve de mensajes de texto.

Resumiendo, las principales características de este estándar se dirigen a alcanzar los siguientes objetivos:

- Posibilidad de usar el mismo terminal radio en todos los Países en que se utilizan el mismos estándar (Roaming internacional).
- Mejora de la eficiencia espectral respecto a las actuales redes celulares de tipo analógico.
- Seguridad de la transmisión radio (para impedir interceptar las conversaciones y los datos identificativos de los usuarios).
- Empleo de la técnica numérica, para permitir mejorar la calidad fónica, la transmisión de datos y la compatibilidad con los estándares internacionales a nivel OSI (Open System Interconnection) e ISDN (Integrated Services Digital Network).

En la siguiente tabla se muestra en breve el desarrollo del sistema GSM.

FECHA	ACTIVIDAD
1982-1985	Conférence Européenne des Postes et Telecommunications (CEPT) comenzó a especificar un sistema de comunicación digital europea estándar en la banda de 1900 Mhz . Este estándar se convirtió más tarde en GSM.
1986	Se realizaban pruebas de campo en Paris para saber que tipo de transmisión se tendría .Se tenía que escoger entre TDMA (Acceso por división de Tiempo o FDMA (Acceso por División de Frecuencia)
1987	Una combinación de estos sistemas(TDMA y FDMA) fue seleccionada como tecnología de transmisión para GSM.
1988	La CEPT comenzó a producir las especificaciones para la fase de implementación .
1989	El Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeo (ETSI) se reúne para hablar sobre la importancia de especificar los estándares del sistema GSM.
1991	El Sistema GSM 1800 es liberado.
1992	La primer fase comercial de la red es comercializada.
1993	Australia es el primer país no europeo que se inicia en este sistema de comunicación celular El número de suscriptores GSM alcanza 1 millón de estos.
1994	Mas redes GSM se ponen en operación y se llega a la cantidad de 3 millones de usuarios.
1995	Para este año ya hay 69 países que tienen este sistema. El numero de suscriptores es superior a los 10 millones de usuarios
1998	Para este año se tenía un total de 100 países y un total de 70 millones de suscriptores alrededor del Mundo. El porcentaje de suscriptores de GSM es alrededor del 31 % de el total del mercado móvil internacional.

Tabla 1.4 Breve desarrollo de GSM

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la siguiente tabla se enumeran solo algunos de los países que cuentan con la tecnología GSM:

PAIS	SISTEMA	PAIS	SISTEMA
Estados Unidos	GSM	Yugoslavia	GSM
Canada	GSM	Arabia	GSM
Brasil	GSM	Australia	GSM
Chile	GSM	Egipto	GSM
España	GSM	Nigeria	GSM
Reino Unido	GSM	Etiopía	GSM
Francia	GSM	Portugal	GSM
Alemania	GSM	India	GSM

Tabla 1.5 Países con tecnología GSM

1.2 Elementos del Sistema

1.2.1 Elementos del Sistema

A continuación se muestra un esquema de como esta constituido la red GSM.

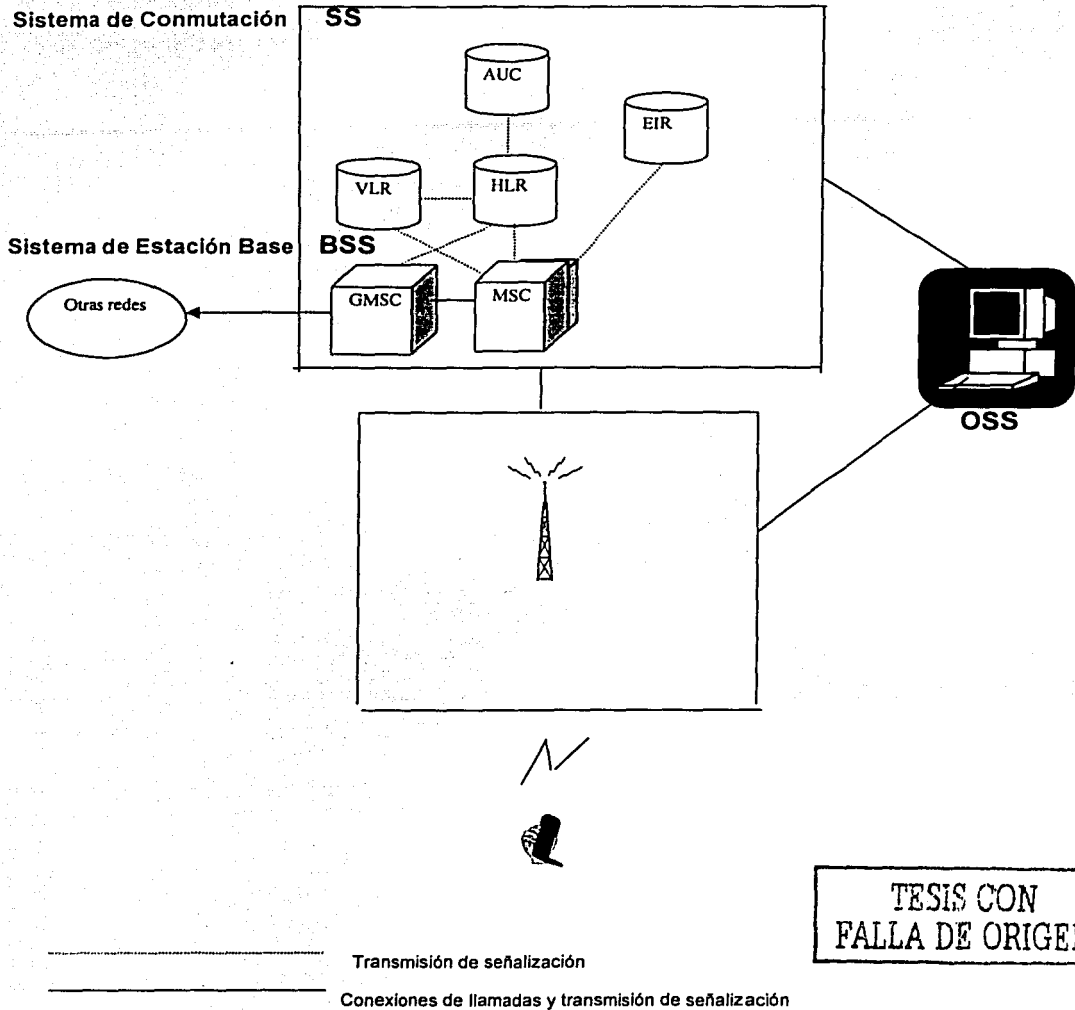


Figura I.1 Modelo del Sistema GSM.

A continuación se hará un breve recuento de los elementos del sistema, ya que más adelante se explicara a fondo cada uno de estos.

La red GSM esta dividida en tres partes principalmente:

- Sistema de conmutación (SS)
- Sistema de estación base (BSS)
- Sistema de operación y mantenimiento(OSS)

Las abreviaturas que se utilizan se presentan a continuación:

Abreviatura	Significado
AUC	Centro de autenticación
BSC	Controlador de Estación Base
BTS	Estación Base de Interfaz
EIR	Equipo identificador de registro
HLR	Registro de localización propia
MS	Estación móvil
MSC	Centro de servicios conmutación móvil
NMC	Centro de operación de red
OMC	Centro de operación y mantenimiento
VLR	Registro de localización de visitantes.

Tabla 1.6 Significado de abreviaturas

El SS es responsable del cumplimiento del proceso de la llamada y lo relacionado a las funciones de los suscriptores .En el están incluidos los siguientes unidades funcionales:

- MSC Centro de servicios conmutación móvil
- HLR Registro de localización propia
- VLR Registro de localización de visitantes
- AUC Centro de autenticación
- EIR Equipo identificador de registro

El BSS es responsable de todas las funciones de radio. El BSS esta compuesto por los siguientes elementos:

- BSC Controlador de Estación Base
- BTS Estación Base de Interfaz

El OMC es responsable de todas las tareas de operación y mantenimiento para la red. Aquí se realiza un monitoreo de trafico y de alarmas que se generan en el sistema. El OMC tiene acceso a los dos sistemas anteriores BSS y SS.

1.2.2 Componentes del Sistema de conmutación (SS)

Centro de Conmutación Móvil (MSC)

La MSC se encarga de las funciones de conmutación telefónica para la red móvil. Esta controla las llamadas hacia otro teléfono y el sistema de datos, también se encarga de enviar las llamadas hacia la Red de Conmutación Pública (PSTN), Red Digital de Servicios Integrados (ISDN), Redes privadas u otras redes de telefonía móvil.

Registro de Usuarios Locales (HLR)

El HLR es una base de datos centralizada que guarda y maneja la información de todos los suscriptores que están dados de alta en ella. Esta actúa como una base permanente para la información de los suscriptores hasta que la suscripción sea cancelada.

La información que se almacena es la siguiente:

- Identificación del suscriptor
- Servicios suplementarios del suscriptor
- Información sobre la localización del suscriptor
- Información de autenticación del usuario

Si la capacidad de un HLR es superada por la cantidad de debe de manejar, puede añadirse otro .

Registro de localización de visitantes (VLR)

El VLR es una base de datos que contiene información acerca de todos los móviles que se encuentran alojados en el área de servicio de una MSC. Es decir que si un móvil no se encuentra en el área que le corresponde ,el VLR pide información a la respectiva HLR del móvil para saber los servicios que este puede tener.

Centro de Autenticación (AUC)

La principal función del AUC es autenticar que el suscriptor pertenece a esa red .Esto es para proteger al operador de la red de posibles fraudes. El AUC es una base de datos conectada al HLR con los parámetros de autenticación y códigos para mejorar aun mas la seguridad.

Identificador de Registro del Equipo(EIR)

El EIR es una base de datos que contiene la información del equipo móvil la cual ayuda a bloquear llamadas que no se deben de realizar. Debido a esto se bloquea al equipo pero no al suscriptor. Esto es otra parte de seguridad que ayuda a evitar fraudes.

1.2.3 Componentes del Sistema de Estación Base(BSS)

Controlador de Estación Base (BSC)

El BSC maneja todas las funciones relacionadas con la señal de radio. Esto es que maneja la capacidad de funciones que se proveen a la estación móvil, los canales de radio que se le asignan y la recolección de la información de la configuración de las celdas. Un cierto número de BSC's puede ser manejado por una MSC.

Estación Base de Interfaz (BTS)

La BTS controla la interfaz hacia la estación móvil. La BTS esta compuesto por las antenas y los radios que dan servicio en un área determinada. Un grupo de BTS pueden estar controladas por una BSC.

1.2.4 Centros de Monitoreo de la Red

Centro de Operación y Mantenimiento (OMC)

Un OMC es un centro de monitoreo computarizado conectado a los componentes de la MSC y la BSC vía un enlace X.25. En el OMC están presentados la información acerca del estado de los elementos y algunas de las veces también se pueden cambiar los parámetros. En México se tendrá solo un OMC para monitorear todos los elementos de esta red.

El OMC y el NMC pueden funcionar combinados en el mismo lugar físico o en diferentes locaciones.

1.2.5 Estación Móvil (MS)

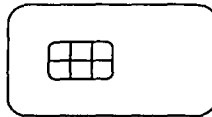
Una estación móvil es usada por el suscriptor para comunicarse con la red móvil. Hay muchos tipos de MS's pero todos cumplen con la misma función de hacer y recibir llamadas.

El equipo de MS en el sistema GSM, esta compuesto por elementos principales:

- La terminal móvil (MS)
- El modulo de identificación del suscriptor(SIM)



MS



Tarjeta SIM

Figura 1.2 Estación móvil y tarjeta SIM

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

I.3 Estructura Geográfica de la Red GSM

Muchas redes telefónicas necesitan especificar la estructura de la ruta que van a seguir las llamadas para el correcto intercambio de la información. En una red móvil, la estructura es muy importante, ya que como su nombre lo dice, la información es móvil. Un suscriptor móvil se mueve a través de la red, estas estructuras son para monitorear su localización.

I.3.1. Célula

Una celda es una unidad básica en el sistema celular y esta definida por el área de cobertura que el radio entrega por cada una de las antenas. En una red celular completa de un país el número de celdas es demasiado alto.

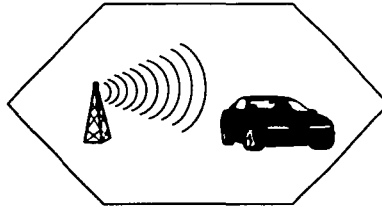


Figura 1.3 Célula

I.3.2. Área de localización (LA)

Una Área de Localización está definida por un grupo de celdas. Cada grupo de celdas estará controlado por una BSC y esta a su vez tendrá sus propias RBS.

Cuando una MS cruza de una celda a otra en una misma Área de Localización (LA) no es necesario reportarlo ya que se encuentra en la misma área, únicamente cambio de celda. Sin embargo, si una MS cambia de una LA a otra LA se hace necesario reportar a donde está ahora la MS.

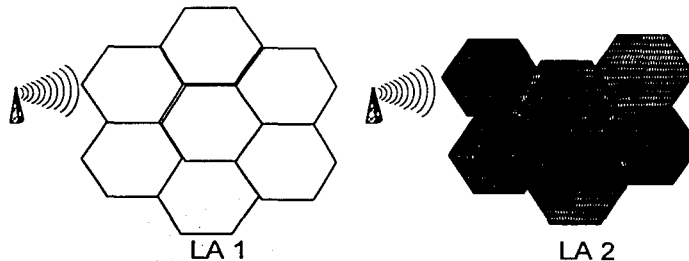


Figura 1.4 Áreas de Localización (LA)

1.3.3. Área de servicio de MSC

Una Área de Servicio de MSC esta constituida por un grupo de LA's y representan geográficamente la parte que esta manejada por una MSC.

Un suscriptor que pertenece a una Área de servicio de MSC se guarda en un HLR perteneciente a esta MSC. En caso de que no se encuentre el suscriptor móvil en su HLR entonces se le busca en un VLR.

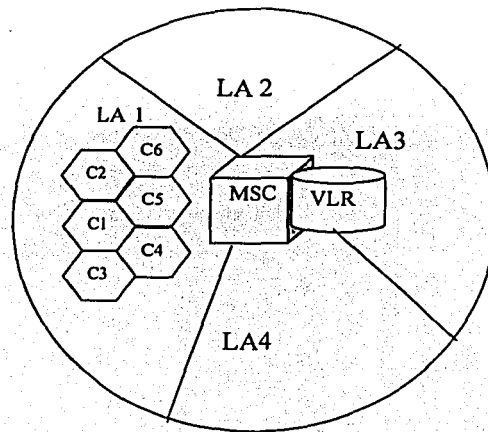


Figura 1.5 Área de Servicio MSC

1.3.4. Área de servicio de PLMN

Una Área de servicio de una Red Pública de Conmutación Móvil (PLMN) esta integrada por un conjunto de celdas, Áreas de localización (LA), Áreas de servicio de MSC, manejadas por un operador de red (por ejemplo en México un operador de red es Telcel, Iusacell, Pegaso, etc).

1.3.5. Área de servicio GSM

El área de servicio GSM comprende todas las áreas geográficas que anteriormente se describieron. El área de servicio GSM se incrementa debido a que los operadores tienen acuerdos para trabajar juntos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A continuación se muestra la relación entre las áreas de GSM:



Figura 1.6 Area de servicio GSM

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

I.4 Bandas de Frecuencia en GSM

El sistema GSM puede ser manejado por medio de tres frecuencias diferentes desarrolladas en el mundo: 900, 1800 y 1900 MHz.

I.4.1. GSM 900

La banda original de frecuencia especificada para GSM fue de 900MHz. Muchas redes GSM usan esta banda de frecuencia. En algunos países y versiones extendidas de GSM 900 pueden ser usadas con algunos elementos extras para mejorar la capacidad. Esta versión extendida tiene el nombre de E-GSM, mientras tanto la primera versión recibió el nombre de P-GSM.

I.4.2 GSM 1800

En 1990 debido al incremento de la competencia entre operadores, el Reino Unido requirió iniciar la nueva versión de GSM, adaptada a la frecuencia de 1800 MHz.

Una vez que obtuvieron la licencia para poder trabajar en esta frecuencia, el número de operadores se incremento y hubo mayor competencia.

I.4.3 GSM 1900

En 1995 en Estados Unidos, aprovechando la tecnología que manejaba que era PCS(Personal Communication Service) también quiso ingresar a esta tecnología nueva(GSM) y aprovecho que PCS manejaba este canal de frecuencia. Al igual que ellos México tendrá implementado en su red la banda de 1900 MHz para su red GSM.

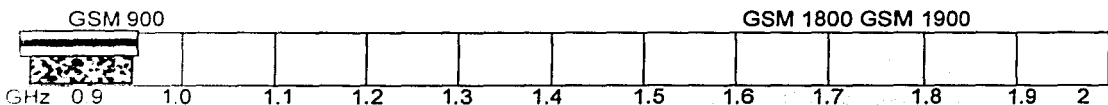


Figura 1.7 Bandas de frecuencia usadas en GSM

I.5 Términos usados en GSM

Durante el desarrollo del sistema de telefonía móvil algunos términos fueron usados para referirse a alguna función específica que realizaba el sistema.

Los principales términos usados se describen a continuación:

- **Libre (Idle):** Se refiere a cuando la Estación Móvil(MS) esta encendido pero sin ningún tipo de llamada en progreso.
- **Activo:** Se refiere a cuando una estación móvil esta encendida y con una llamada en Progreso
- **Desenganchada (Detached):** Se refiere a cuando una estación móvil esta apagada.

La siguiente tabla define algunos términos usados para describir algunos casos de tráfico en la telefonía móvil:

Modo	Término	Descripción
Libre	Registro	Este es el proceso de cuando una MS informa la red que se ha enganchado a ella.
	Roaming	Cuando una MS se mueve alrededor de una red en modo activo, y además se puede localizar con su mismo número donde quiera que se encuentre.
	Roaming internacional	Cuando una MS se mueve a otra red que no le pertenece ni siquiera al país de origen se llama roaming internacional. Esto solo es posible si se llega a un acuerdo entre los operadores de red internacionales.
	Paging	Este es el proceso de buscar a una MS entre las diferentes áreas geográficas que contiene la red GSM.
Activo	Handover	Este es el proceso de controlar que la llamada pase de una celda a otra cuando la MS se mueve entre celdas.

Tabla I.7 Descripción de términos usados en GSM

CAPITULO II

“CONCEPTOS PARA TELEFONÍA INALÁMBRICA USADO EN GSM”

II.1. Conceptos de Frecuencia

La siguiente tabla muestra las especificaciones de cada sistema GSM:

SYSTEM	P-GSM 900	E-GSM 900	GSM 1800	GSM 1900
Frecuencias • Up link • Down link	890-915 MHz 935-960 MHz	880-915 MHz 925-960 MHz	1710-1785 MHz 1805-1880 MHz	1850-1910 MHz 1930-1990 MHz
Longitud de onda	~33cm	~33cm	~17cm	~16cm
Bandwidth	25 MHz	35 MHz	75 MHz	60 MHz
Distancia duplex	45 MHz	45 MHz	95 MHz	80 MHz
Separación entre portadoras	200 KHz	200 KHz	200 KHz	200 KHz
Canales	125	175	375	300
Velocidad de transmisión	270 kbps	270 kbps	270 kbps	270 kbps

Tabla II.1 Especificaciones de cada sistema GSM

En la tabla puede notarse que el Up link, que es la señal de la MS, maneja una menor frecuencia por la razón de que a menor frecuencia se necesita menos potencia para producirla.

También cabe destacar que todas las redes de GSM utilizan un canal de guarda es decir se utiliza para la separación entre portadoras esto inutiliza un canal pero asegura mejor calidad de señal.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II.1.1. Definición de frecuencia

La BTS y la MS se comunican entre si utilizando ondas radiadas, las cuales consisten en energía electromagnética. La frecuencia de la ondas radiadas son las veces que oscila una onda por segundo. Las frecuencias son medidas en Hertz (Hz), es decir, un Hert es un ciclo de una onda radiada en un segundo.

Las aplicaciones de las radiofrecuencias utilizadas hoy en día son muy variadas como:

- Televisión 300 MHz aprox.
- Radio FM 100 MHz aprox.
- Radio policiaca Dependiendo de cada país
- Redes moviles 300 - 200 MHz aprox

Las frecuencias usadas en las redes de telefonía movil varían de acuerdo con los diferentes standares.

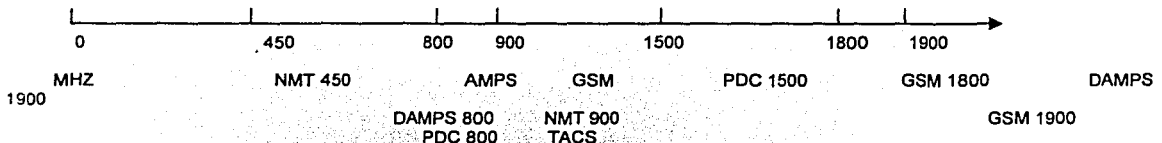


Figura II.1 Relación de Frecuencias de acuerdo a los Estándares de Telefonía Móvil

II.1.2. Velocidad de Transmisión

La cantidad de información transmitida a través de un radiocanal en una cantidad de tiempo se le conoce como "velocidad de transmisión". La velocidad de transmisión se mide en bits por segundo. La velocidad de transmisión en GSM a través de una interface de aire es de 270Kbps.

II.1. 3. Método de Modulación

En GSM 1900 la frecuencia usada para transportar la información a través de la interface de aire es 1900 MHz. Desde que esta no es la frecuencia a la que es generada la información, métodos de modulación son utilizados para trasladar la información dentro de una banda de frecuencia usable. La traslación de frecuencia es implementada por modulación en amplitud, en frecuencia y en fase de la llamada onda portadora en acuerdo con la forma de onda de la señal de entrada. Cualquier esquema de modulación incrementa el ancho de banda de la portadora y por tanto limita la capacidad la banda de frecuencia disponible. En GSM , el ancho de banda de la portadora es 200KHz.

El método de modulación usado en GSM es Gaussian Minimum Shift Keying (GMSK). GMSK permite la transmisión de 270Kbps dentro de un canal de 200KHz. Esto da una velocidad de transmisión de 103b/s por Hz. GMSK de GSM ofrece mayor tolerancia a interferencia. Esto para habilitar el reuso de frecuencias estrecho, con mira a ganar más capacidad, con mejores resultados que otros sistemas.

II.1. 4. Capacidad y reuso de Frecuencia

Capacidad se refiere al número de frecuencias que existe disponibles por cada celda. A cada compañía con licencia para dar servicio móvil le es asignado un rango de frecuencias. Éste es distribuido a través de las celdas de nuestra red. Dependiendo de la carga de tráfico y de la disponibilidad de las frecuencias, una celda puede contener una o más frecuencias localizadas en ella.

Es importante que cuidemos las interferencias a la hora de colocar nuestro plan de frecuencias. Las interferencias pueden ser creadas por diferentes razones, uno muy común es el uso de frecuencias similares muy cercanas a otras. A mayor interferencia, menor calidad de llamada.

Para cubrir un área, con telefonía móvil, se pueden utilizar diferentes frecuencias hasta cumplir con el número de abonados. Pero si éste número sobrepasa la cantidad de frecuencias disponibles con que se cuenta, se tendrán que reutilizar dichas frecuencias.

Por ejemplo para cubrir todo el país se tendrán que reutilizar muchas veces las diferentes frecuencias para poder dar a la red la suficiente capacidad que se requiera.

Las mismas frecuencias no deben reutilizarse en celdas vecinas para que no exista interferencia entre ellas, por lo que diferentes patrones de reuso de frecuencia son utilizados para el planeamiento una red.

Estos patrones de reuso de frecuencias aseguran que cualquier frecuencia está reutilizada con suficiente distancia como para no interferir (o interferir con un mínimo aceptable) con otra. El término distancia de reuso de frecuencia es usado para describir la distancia entre 2 frecuencias idénticas utilizadas en un patrón de reuso de frecuencia.

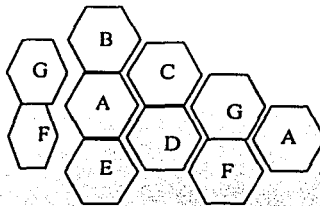


Figura II.2. Reuso de frecuencia

II.1.5. Ancho de Banda

Ancho de banda es un termino usado para describir la cantidad de rango de frecuencia que hay para una aplicación. El ancho de banda utilizado para una aplicación depende del espectro con que se cuente para todas las aplicaciones. La cantidad de ancho de banda es un factor muy importante para determinar la capacidad del sistema.

II.1.6. Método de Acceso : Multi-Acceso por División de Tiempo (TDMA)

La mayoría de los sistemas de telefonía móvil utiliza el método multiacceso por división de tiempo (Time Division Multiple Access TDMA) para transmitir y recibir señales de voz. Con TDMA una sola portadora es usada para transportar varias llamadas, cada llamada utiliza esa portadora en diferentes espacios de tiempo. Estos espacios de tiempo son referidos como "time slots" (ranuras de tiempo). Cada MS en una llamada es asignado en un time slot en el uplink y otro en el downlink. A la información enviada durante un time slot se le denomina BURST.

En GSM, una trama de TDMA contiene 8 time slots. Esto significa que en GSM una portadora puede transportar llamadas.

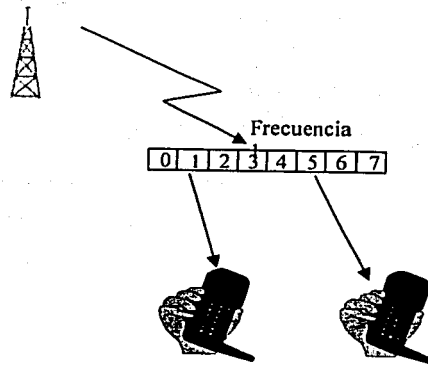


Figura II.3 TDMA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II.1.7. Transmisión Analógica y Digital

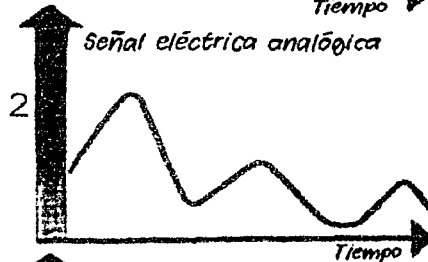
Uno de los cambios fundamentales tuvo lugar en el procesamiento de las señales, que se realizaba casi siempre de forma analógica y ahora se produce de manera digital, es decir, numérica.

Las gráficas 1, 2 y 3 reproducidas bajo a estas líneas explican de manera sencilla las diferencias principales entre la señal analógica y la digital.

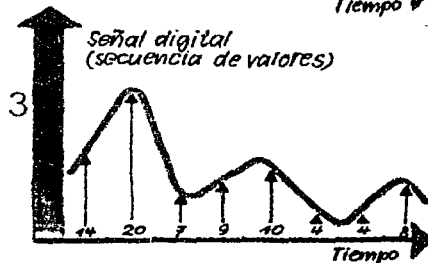
En 1 podemos observar la señal de salida de un sonido, al que corresponde una onda de presión acústica.



En 2 se observa que la corriente experimenta fluctuaciones que son similares o análogas a la presión acústica anterior.



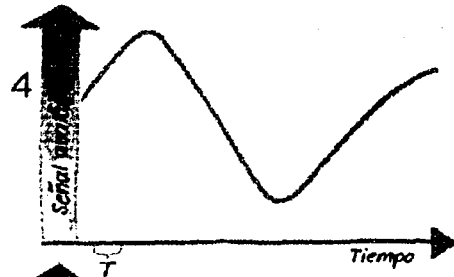
En 3 se cuantifica o digitaliza la misma señal, pero esta vez como una secuencia de valores numéricos.



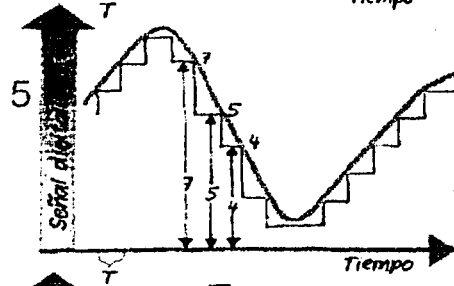
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En las gráficas 4, 5 y 6 del panel se representan las diferencias esenciales entre una señal analógica y otra digital de tipo binario, como las usadas comúnmente en informática.

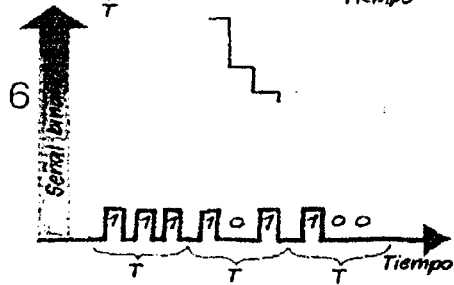
En 4 se nos presenta una señal analógica cualquiera.



En 5 la señal es digitalizada de la manera que ya vimos en la gráfica número 3.



En 6 se han seleccionado los números encerrados en el círculo rojo de la gráfica 5 y se han convertido en números de base "2" o números binarios, consistentes en "1" y "0".



Como puede apreciarse, en 6 la curva sólo tiene dos alturas:

- a) elevada o con tensión cuando se procesa un "1"
- b) baja o sin tensión cuando se procesa un "0"

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

II.1.8 Ventajas de usar transmisión digital

La voz humana es una señal analógica, que esta sujeta a continuos cambios tanto de amplitud como de frecuencia.

Al principio se pensaba que era mejor enviar información analógica como la voz por medio de señales analógicas, porque si se muestreaban dichas señales había una pequeña pérdida de información como ocurre con los segundos en los relojes digitales.

Tanto en las señales digitales como en las analógicas existe una pérdida a través de la distancia. Por el medio analógico la única forma de solucionar esto es amplificando la señal, pero con esto se amplifica también el ruido. En el medio digital es posible recuperar la información sin distorsión.

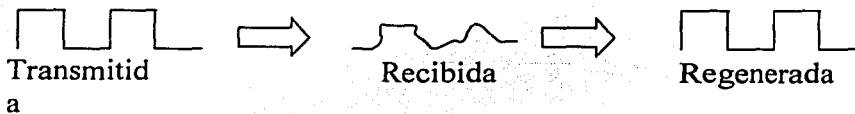


Figura II.4 Regeneración de una señal digital

El único problema de transportar información analógica por señales digitales es que alguna información se perderá al tomar las muestras. La forma de solucionar esto es tomar muestras tan cercanas una de otra que la señal final sea una representación real de la información analógica.

II.2 CONCEPTOS DE CANAL

II.2.1. Canales

Un canal es una frecuencia o un ajuste de frecuencias las cuales están asignadas para transmisión y posibilitados para el recibo de información. Los canales de comunicación de cualquier forma pueden ser uno de los siguientes tipos:

TIPO	DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
Simplex	Solo una dirección	FM radio, televisión
Half dúplex	Dos direcciones , pero solo una a la vez	Banda civil, walkie-talkie
Full dúplex	Dos direcciones, ambas a la misma vez	Sistemas de telefonía

Tabla II:2 Tipos de Canales de Comunicación

Un sistema simplex como la radio FM utiliza una sola frecuencia radiada en una sola dirección. Se utilizaba un lugar alto y una potencia alta para llegar lo más lejos posible.

Un canal duplex, como los usados en telefonía fija y móvil, utilizan 2 frecuencias una hacia la MS y otra de la MS. A la primera se le conoce como Downlink y a la segunda , es decir, de la MS a la BTS, se le conoce como Uplink.

II.2.2. Distancia Duplex

La distancia duplex se refiere a la distancia que debe de existir de separación entre el Uplink y el downlink, ya que sin ésta el uplink y el downlink podrían interferir entre ellos.

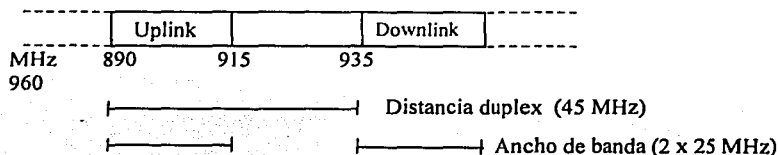


Figura II.5. Reuso de frecuencia

II.2.3. Separación de portadoras

La separación en la banda de frecuencias entre dos canales que van en la misma dirección. Esto es requerido para evitar que dos canales sucesivos se traslapen entre sí, es decir, que causen interferencia a un canal adyacente.

La distancia entre portadoras es dependiente de la cantidad de información que se va a transportar dentro del canal. A mayor cantidad de información a transmitir mayor separación requerida.

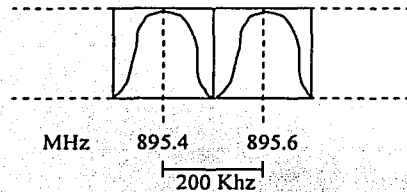


Figura II.6. Distancia entre portadoras

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II.2.4. Introducción a los canales Físicos y Lógicos

En una trama TDMA cada time slot es llamado "CANAL FÍSICO", en GSM hay 8 canales físicos por cada frecuencia portadora.

Dichos canales físicos son usados para transportar voz, datos o señalización.

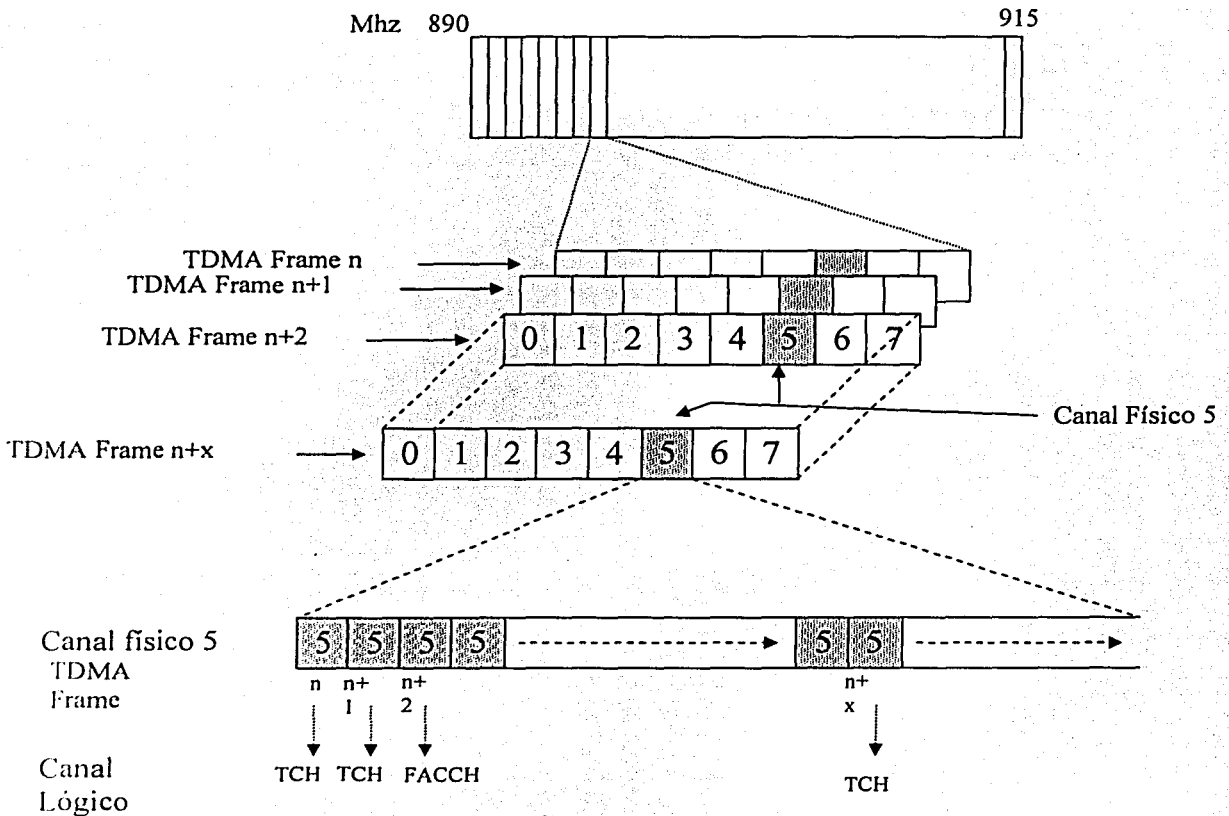


Figura II.7 Concepto de canal TDMA

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Los canales físicos transportarán diferentes mensajes, dependiendo de la información que se vaya a enviar. A ésta información se le denomina "CANAL LÓGICO". Por ejemplo si un canal físico va a transportar información de voz usará un canal de tráfico (TCH), si, en cambio, transportará información de handover usará un canal lógico Fast Associated Control Channel (FACCH), los cuales se explicarán a más adelante.

II.2.4.1. Canales Lógicos

Existen varios tipos de canales lógicos, esta diferencia depende del tipo de información que transporten ya sea hacia la MS o de ella.

Toda la información hacia o de la MS debe de estar correctamente formateada para que el dispositivo receptor pueda comprender el significado de los diferentes bits del mensaje. Por ejemplo, como se observó en la figura anterior, mientras ciertos bits representan la información de voz o datos en sí, otros representan la secuencia de control.

Existen varios tipos de burst, la relación entre los diferentes tipos de burst y los diferentes canales lógicos se muestra a continuación.

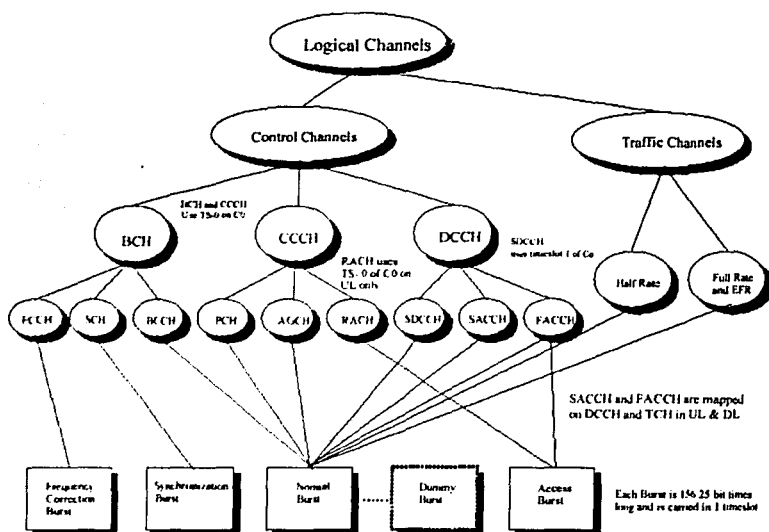


Figura II.8 Canales Lógicos y Burst.

TESIS CON
VALIA DE ORIGEN

II.2.4.2. Canales de Control

En el momento en que una MS se enciende, busca una BTS para conectarse a ella. La MS examina la banda de frecuencias entera o examina una lista de frecuencias usada por la operadora. Cuando una MS encuentra una señal con suficiente potencia determina si es un canal de control, si es, entonces busca la información de un canal lógico llamado Broadcast Control Channel BCCH (canal de control de difusión).

La información que transporta éste canal de control BCCH es muy importante ya que es información, por ejemplo, de en cuál área local (LA) se encuentra en ese momento la MS, la máxima potencia a la cuál puede transmitir e información de sincronización. Sin ésta información una MS no podría correlacionar con la red. Ésta información es difundida a intervalos regulares sujetos al Broadcast Channel BCH (canal de difusión).

BROADCAST CHANNEL			
CANAL LÓGICO	DIRECCIÓN	BTS	MS
Frequency Correction Channel (FCCH)	Downlink punto a multipunto	Transmite la frecuencia portadora	Identifica la frecuencia portadora y se sincroniza con ella
Synchronization Channel (SCH)	Downlink punto a multipunto	Transmite información acerca de la trama TDMA como por ejemplo el número de trama, la identidad de la BTS como el BSIC	Sincroniza con la estructura de la trama asignada y se asegura que la BTS escogida es una BTS BSIC de GSM que solo puede ser decodificada por una MS perteneciente a la red GSM.
Broadcast Control Channel (BCCH)	Downlink punto a multipunto	Difunde información general de la celda como: -Identidad del área local (LAI) -Máxima potencia de salida permitida en la celda -Las portadoras BCCH de celdas vecinas	-Recibe la LAI y regresa una señal a la red para el proceso de actualización, si la LAI es diferente a la almacenada en la SIM card. -MS ajusta el nivel de potencia de salida -Almacena una lista de las portadoras BCCH y los niveles de RX. de éstas para la decisión de handover.

Tabla II.3 Canales de Control

Una vez que la MS terminó de analizar toda la información del BCH, ésta ya podrá interactuar en la red. En dado caso que la MS se mueva hacia otra celda deberá volver a repetir el proceso mencionado de leer un FCCH, SCH y un BCCH, es decir, volver asignar una frecuencia (canal), sincronización y datos del BCCH.

Si el subscriber desea establecer o recibe una llamada interviene el Common Control Channel CCCH (canal de control común).

En la siguiente tabla se explica como intervienen los diferentes canales de control .

COMMON CONTROL CHANNEL			
CANAL LÓGICO	DIRECCIÓN	BTS	MS
Paging Channel (PCH)	Downlink Punto a punto	Envía una señal de voceo a la MS de una llamada entrante o de un mensaje. Ésta información contiene identificación del número subscriber que la red quiere conectar.	A ciertos intervalos de tiempo la MS escucha la señal del PCH. Cuando la MS reconoce su propio número en la información del PCH, éste responde.
Random Access Channel (RACH)	Uplink Punto a punto	Recibe la solicitud de acceso de la MS para establecer una llamada, para actualizar la localización o para recibir un mensaje corto.	Responde a la señal de voceo con el RACH para solicitar un canal de señalización.
Access Grant Channel (AGCH)	Downlink Punto a punto	Asigna un canal de señalización a la MS	Recibe el asignado canal de señalización (SDCCH)

Tabla II.4 Como intervienen los Canales de Control en una Llamada

En éste momento la MS y la BSS han comenzado el proceso de establecer una llamada. Para llevar a cabo éste proceso la MS y la BSS utilizan el Dedicated Control Channel DCCH (canal de control dedicado).

DEDICATED CONTROL CHANNEL			
CANAL LÓGICO	DIRECCIÓN	BTS	MS
Stand Alone Dedicated Control Channel (SDCCH)	Uplink y downlink Punto a punto	La BTS switchea hacia el SDCCH asignado para establecer la llamada o recibir el mensaje. Aquí es asignado el TCH.	La MS switchea hacia el SDCCH asignado. -La llamada es ejecutada. -La MS recibe la información del TCH asignado (time slot , canal)
Cell Broadcast Channel (CBCH)	Downlink punto a multipunto (Trazado en SDCCH)	Utiliza éste canal para transmitir un servicio de mensaje corto (SMS) de difusión de celda.	MS recibe mensajes de difusión de celdas.
Slow Associated Control Channel (SACCH)	Uplink y downlink Punto a punto	Envía información a la MS de la potencia permitida de Tx e información de los parámetros de Time Advance	Envía mediciones de parámetros de la propia BTS (poder de señal y calidad) como de BTS vecinas (Poder de señal).
Fast Associated Control Channel (FACCH)	Uplink y downlink Punto a punto	Transmite información de handover	Transmite información necesaria de handover en el burst de acceso.

Tabla II.5. Canal de Control Dedicado

II.2.4.3. Canales de Tráfico

Una vez que el proceso para establecer una llamada ha sido completado, el móvil sintoniza un canal de tráfico. Para esto usa un canal de tráfico (TCH). Existen 2 tipos de TCH's:

a) Full rate (TCH).- Transmite a una razón de 13Kbps. Un canal de tráfico full rate ocupa en un canal físico.

b) Half rate (TCH).- Transmite a una velocidad de 6.5Kbps. Pueden compartir el mismo canal físico 2 canales de tráfico half rate, con estos se dobla la capacidad de la red.

II.3 Burst

II.3.1. Tipos de Burst

Existen 5 tipos de burst:

Tipo de Burst	Propósito	Usado por	Contenido
Normal	Se usa para transportar información de canales tráfico y de control	BCCH PCCH AGCH SDCCH CBCH SACCH FACCH TCH	<ul style="list-style-type: none"> - Dos bloques de 57 bits cada uno para tráfico - 26 bits de secuencia de entrenamiento - 1 bit de banderas de robo para indicar que el FACCH ha robado 57 bits temporalmente - Bits de cola (000 siempre) - Periodo de guarda: de 8.25 bits de duración
Corrección de frecuencia	Usado para sincronizar la frecuencia del móvil	FCCH	<ul style="list-style-type: none"> - 142 bits de corrección de frecuencia - Bits de cola - Periodo de guarda: de 8.25 bits de duración
Sincronización	Usado para sincronizar la trama del móvil	SCH	<ul style="list-style-type: none"> - Dos bloques de 39 bits para la información de estructura de la trama TDMA - 64 bits de sincronización - Bits de cola - Periodo de guarda: de 8.25 bits de duración
Acceso	Usado para el acceso a handover	RACH FACCH	<ul style="list-style-type: none"> - 41 bits de sincronización - 36 bits de información de acceso - Bits de cola - Periodo de guarda 68.25 bits de duración. <p>En la primera transmisión mas PG es usado ya que no hay información de timing advance.</p>
Dummy	Se usa cuando no hay canal que necesite un burst para enviar información	Ninguno	Este patrón consiste en secuencias de entrenamiento mezclados con patrones de bits

Tabla II.6 Tipos de Burst

II.3.2 Relación entre Bursts y Trama

La multitrama 26 TDMA es usado para transportar canales como: TCH, SACCH Y FACCH.

La multitrama 51 TDMA es usada para transportar canales como BCCH, CCCH, SDCCH, Y SACCH.

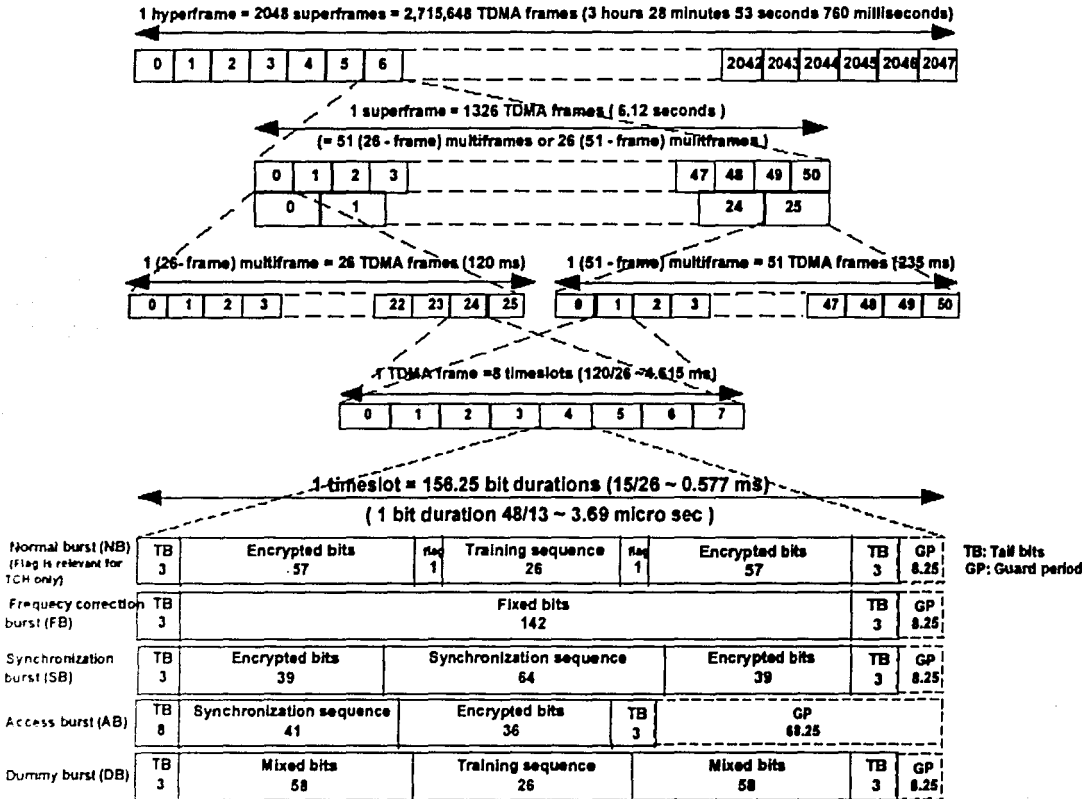


Figura II.9. Tramas y Burst

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

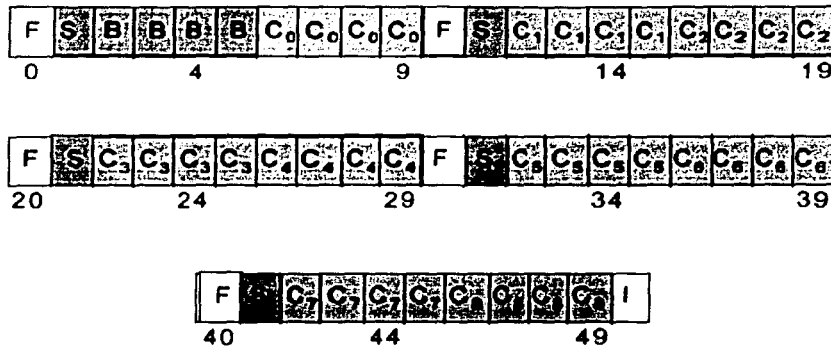
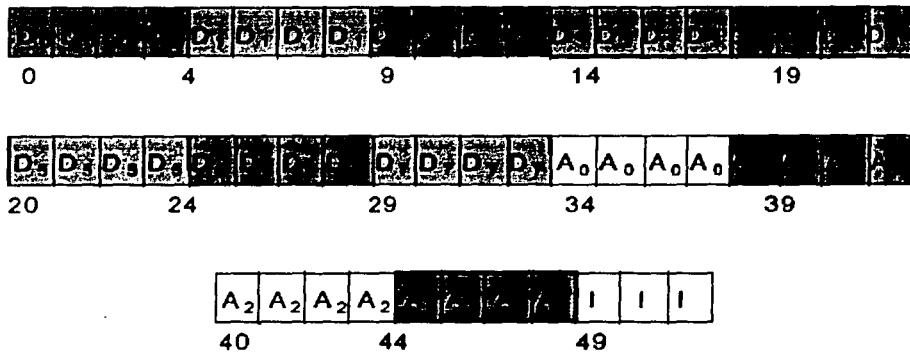


Figura II.10. Multiplexación de BCH's y CCCh's en TS0



Los siguientes 53 tramas contienen los Canales AA4,A5,A6,A7, en el lugar de A0,A1,A2,A3.

Figura II.11. Multiplexación de SDCCH's y SACCH's en TS1

SDCCH es dividido en 8 grupos D0-D7 por esto puede atender a 8 MS al mismo tiempo. A0-A7 son los correspondientes grupos de canales SACCH usados para transmisión. Y, de ser necesario, un corrector de control de potencia para mientras le es asignado un SDCCH a la MS.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II.3.3. Mapeo de los Canales Físicos en Canales Lógicos

Como se mencionó anteriormente los canales lógicos se transportan en canales físicos. Al método de acomodar los canales lógicos en los físicos se le denomina "mapeo". La mayoría de los canales utiliza un solo Time slot, algunos toman más de uno. Si es el caso, la información del canal lógico es transportada en el mismo Time slot de canal físico en la trama TDMA consecutiva.

Como los canales lógicos son cortos, se pueden transportar varios canales lógicos en un mismo canal físico, volviéndose más eficiente cada time slot.

II.3.3.1. DCCH en TS1 o TS2

A través de los años los TS-1 han sido usados por DCCH e incluso actualmente la mayoría de las operadoras lo utilizan. Sin embargo algunas operadoras han utilizado celdas de mayor diámetro que 35 Km. (mayores a 120Km). Sin embargo, éstas celdas utilizan 2 time slots por canal porque de otra manera el time slot adyacente sufriría interferencia. Esto también aplica para BCH y DCH , Esto podría permitir TS-0/1 para BCH en celdas de normal tamaño y TS-2/3 en celdas para BCH. El radio canal y el time slot para el DCH son definidos en los datos de la BSC.

La siguiente figura muestra las frecuencias transportadas por una celda de muestra

		Time slot							
		0	1	2	3	4	5	6	7
Carrier	0	B,C	D	T	T	T	T	T	T
	1	D	T	T	T	T	T	T	T
	2	T	T	T	T	T	T	T	T
	3	T	T	T	T	T	T	T	T

Legend:
 B: BCH
 C: CCCH
 D: DCCH
 T: TCH

Figura 12. Mapeo de Canales de Control lógicos y de tráfico a los canales físicos

II.3.3.2. Frecuencia Portadora 0, Time Slot 0.

El time slot 0 de la primera frecuencia portadora en una celda es siempre destinado para señalización. En éste sentido la MS sabrá donde buscar si lo que necesita es un canal de transporte BCCH.

TECH
 FALLA DE ORIGEN

La información transmitida en el downlink es BCH y CCCH. En único canal lógico de uplink es el RACCH. Con esto la MS, siempre que esté libre de un canal lógico RACCH, podrá establecer una llamada.

II.3.3.3. Frecuencia Portadora 0, Time Slot 1.

Usualmente se utiliza el time slot 1 de la primera frecuencia portadora para señalización, pero existe una excepción en las celdas con mucho o poco tráfico. En las celdas con mucho tráfico pueden usarse 2 (o más) time slots para el establecimiento de llamada (usando el canal lógico DCCH). Esto puede ser en cualquier time slot diferente de time slot 0 y 1 de la frecuencia portadora 0.

De igual manera, si se trata de una celda de bajo tráfico el time slot 0 de la frecuencia 0 puede ser usado para toda la información de señalización como BCH, CCCH, y DCCH. Con esto se gana que el canal 1 esté disponible para tráfico.

Pueden compartir el mismo canal físico 8 SDCCH y 4 SACCH, esto significa que se pueden establecer 8 llamadas simultáneamente en el mismo canal físico.

II.3.3.4. Frecuencia de portadora 0, Time Slot 2-7.

Todos los demás canales en una celda que no son usados para señalización son usados para tráfico (ya sea voz o datos). El canal lógico usado en éstos time slots es el TCH.

Cuando se establece una llamada, mediciones son tomadas por la MS y enviadas a la BTS en intervalos regulares, mediciones como el poder de la señal y la calidad de ésta. Para esto se utiliza un canal lógico SACCH que reemplazará un canal TCH a la vez.

II.4. Uso de Canales Lógicos durante una llamada

Este ejemplo muestra una llamada a una MS y resalta el uso de los canales lógicos involucrados en una llamada.

1. La MSC/MLR sabe en que LA está situada la MS y envía un mensaje a la BSC responsable del control de el LA.
2. La BSC direcciona el mensaje a la BTS en la deseada LA. La BTS transmite el mensaje a través de la interface de aire usando el canal lógico PCH.
3. Cuando la MS detecta que ese llamado es para si mismo, envía una solicitud de canal de señalización usando un RACH.
4. La BSC utiliza AGCH para informar a la MS del canal de señalización asignado (SDCCH y SACCH) para su uso.
5. Los canales lógicos SDCCH y SACCH son usados para establecer la llamada. Un TCH es asignado y el SDCCH es liberado.
6. La MS Y la BTS switchean a la frecuencia y time slot TCH identificado. La MS genera el tono de ring. Si el subscriber contesta la llamada es establecida. Durante la llamada señales pueden ser enviadas y recibidas por la MS usando el SACCH.

CAPÍTULO III

“TRANSMISIÓN EN EL SISTEMA GSM”

III.1 Proceso de Transmisión GSM

III.1.1. Modulación por Codificación de Pulsos

Una de las funciones primordiales de la MS es la de convertir la señal analógica en señal digital, es decir, convertir la voz en señal binaria. Este proceso consiste en representar la señal de voz, señal de entrada, con unos y ceros como señal de salida.

La conversión analógica digital es llevada a cabo bajo el proceso de Modulación por Codificación de Pulsos (PCM). Este proceso envuelve tres pasos principalmente:

- Muestreo
- Cuantización
- Codificación

III.1.1.1. Primer Paso Muestreo

Este proceso consiste en tomar muestras de la señal analógica a determinado corto tiempo.

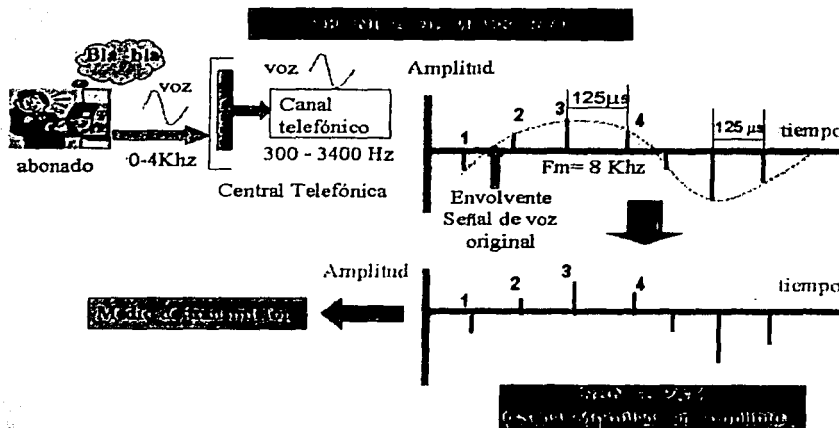


Figura III.1 Muestreo

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La forma más cercana de representar la señal analógica a la original depende de que tan corto sea el tiempo entre cada muestra de la señal, es decir, la frecuencia de la señal de muestreo. La teoría de muestreo expresa:

"PARA REPRODUCIR UNA SEÑAL ANALÓGICA SIN DISTORSIÓN, LA SEÑAL DEBE SER MUESTREADA AL MENOS DOS VECES LA FRECUENCIA MÁXIMA DE LA SEÑAL ANALÓGICA".

Sabemos que el espectro de frecuencia de la voz va desde 300 a 3400 Hz. Aplicando el criterio antes mencionado, la frecuencia de muestreo debe ser:

$$2 \times 3.4 \text{ KHz} = 6.8 \text{ KHz}$$

Los sistemas de telecomunicaciones manejan una frecuencia de muestreo de 8 KHz aceptable basada en la Teoría de Muestreo.

III.1.1.2. Segundo Paso : Cuantización

Lo siguiente es dar a cada muestra un valor. La amplitud de la señal al momento de la muestra es medida y aproximada a un valor entre un ajuste de intervalos finito. La figura muestra un ejemplo de cuantización de una señal analógica. Se puede observar que un pequeño error es introducido en este proceso cuando la señal es aproximada a un intervalo. El tamaño de este error depende del número de intervalos usados. En la telefonía común se usan 256 niveles de cuantización mientras que en GSM se utilizan 8,192 niveles.

Aproximación por segmentos para realizar la cuantificación logarítmica

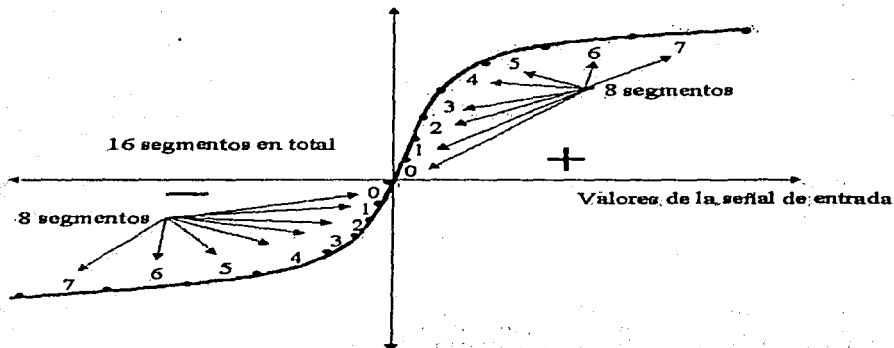


Figura. III.2. Cuantización

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.1.1.3. Tercer Paso: Codificación

La codificación consiste en convertir los valores cuantizados en valores binarios. Todos los valores son representados por un código binario de 12 bits.

$$2^{12} = 8,192$$

Por ejemplo, un valor cuantizado de 2,157 tendría un patrón de bit de 0100001101101

Bit	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	Total
Ajuste	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	
Valor	0	2048	0	0	0	0	64	32	0	8	4	0	1	2157

III.1.1.4. Conclusión de la Conversión Analógica/Digital

El resultado del proceso de conversión analógico/digital son 8,000 muestras por segundo de 13 bits cada una. Esto es una velocidad de Tx de 104 Kbps.

Como se habla de una trama de 8 time slots, es decir, 8 usuarios conectados al mismo tiempo, se tiene $8 \times 104\text{Kbps} = 832\text{ Kbps}$. Recordando la regla general de 1 bit por hertz, esta velocidad de transmisión no se acomodaría dentro de los 200 Khz de ancho de banda disponibles para los 8 subscriptores. La velocidad de transmisión debía ser reducida de alguna manera, y esto se logra usando segmentación y código de voz.

La forma de reducir la velocidad de transmisión es enviando información acerca de la conversación en lugar de enviar la conversación en si. Esto se explica con la siguiente analogía:

La persona A desea escuchar cierta pieza de música que se sabe la persona B tiene. La persona A llama a la persona B y le pide por la pieza. La persona B le dice que desafortunadamente que la grabación esta rota y no puede ser reproducida. Pero en vez de eso le envía parámetros de como está construida la música (las partituras de la música) junto con la velocidad a la que debe de ser tocada (la frecuencia) y entonces la persona A puede reproducir la música.

En GSM, el proceso de codificación de voz analiza las muestras de la señal de voz y los parámetros de salida de los que consiste la señal de voz como la entonación, la longitud de la entonación, el nivel de tono, etc. Esto es lo que se transmite a través de la red hacia otra MS, la cual genera la señal de voz en base a estos parámetros.

Este proceso será explicado un poco más profundidad a continuación:

- El proceso de conversación humano comienza en las cuerdas vocales u órganos de voz, donde una entonación es generada. La boca, lengua, dientes y demás órganos, actúan como filtros, cambiando la naturaleza de dicha entonación. El objetivo de la codificación de voz en GSM es el de enviar solo información acerca de la entonación original en si y de los filtros.

III.1.2. Segmentación

Debido a que los órganos de voz son relativamente lentos en adaptar cambios, los parámetros de los cambios representan que los órganos son relativamente constantes durante 20 mseg. Por esta razón, en la codificación de voz en GSM, un bloque de 20mseg es codificado en un set de bits. Esto da un efecto similar, al de solo muestrear 50 veces por segundo en vez de 8,000 utilizado en la conversión A/D.

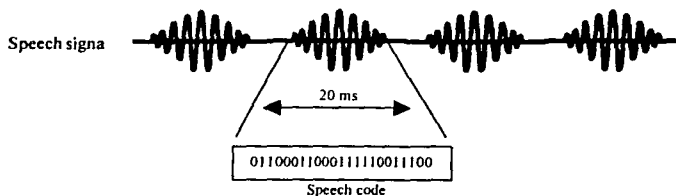


Figura 3.4 Código de Segmentación

III.1.3. Codificación de Voz

En vez de usar 13 bits por muestra como en la conversión A/D, la codificación de voz GSM utiliza 260 bits. Y esto resulta en

$$50 \times 260 = 13\text{Kbps}$$

donde:

$$50 \text{ Hz} = 1/20 \text{ mseg}$$

260 bits por muestra

Lo anterior provee una calidad de voz aceptable para telefonía móvil y comparable con la calidad de la telefonía fija.

La codificación de voz de GSM produce una velocidad de transmisión por suscriptor de 13Kbps. Cuando 8 subscriptores están utilizando el canal, la velocidad de transmisión deberá ser $8 \times 13\text{Kbps} = 104 \text{ kbps}$. Esto parece favorable con los 832 que se tenían de la conversión A/D y dentro de los límites del ancho de banda de 200Kbps.

Sin embargo la codificación e voz no considera los problemas que se puedan tener en el camino de la transmisión. Codificación de canal e interleaving nos ayudarán en este aspecto.

III.1.4. Fase 4: Código de Canal.

La codificación de canal utiliza 260 bits de la codificación de voz como entrada y se obtiene de salida 456 bits codificados.

Los 260 bits son divididos de acuerdo a su relativa importancia:

- 1er bloque: 50 bits muy importantes
- 2do bloque: 132 bits importantes
- 3er-bloque: 78 bits no muy importantes

El primer bloque es enviado a través de un codificador de bloques, el cual añade 3 bits de paridad, lo que resulta en 53 bits. Dichos bits se utilizan para detectar errores en el mensaje recibido.

Estos 53 bits del primer bloque, 132 del segundo bloque y 4 bits más de cola (total de 189) son enviados a un codificador convolucional del cual su salida son 378 bits. Estos bits son capaces de corregir errores cuando el mensaje es recibido.

Los bits del bloque 3 no son protegidos.

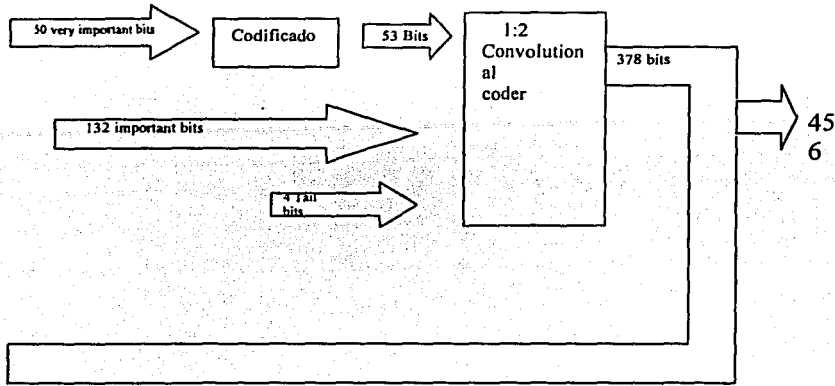


Figura 9.5. Código de Canal

III.1.5. Fase 5: Interleaving.

III.1.5.1 Primer Nivel de Interleaving.

El codificador de canal provee 456 bits por cada 20mseg de conversación. Estos son intercalados, formando 8 bloques de 57 bits cada uno, como se muestra en la figura

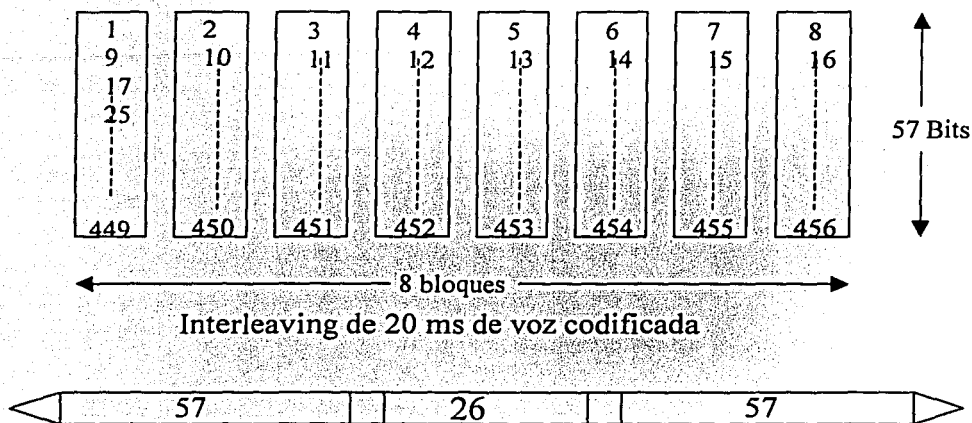


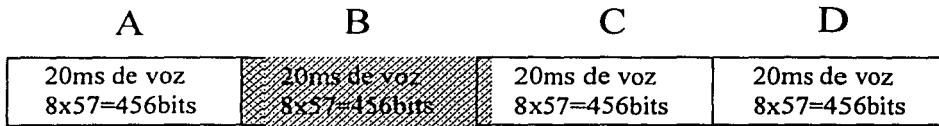
Figura 3.6 Burst Normal

En un burst normal hay espacio para 2 de estos bloques de 57 bits (los demás bits serán explicados posteriormente). Por esto, si la transmisión de un burst se pierde, hay un 25% de BER para los enteros 20 mseg de conversación ($2/8 = 25\%$)

III.1.5.2. Segundo Nivel de Interleaving.

Si solo un nivel de interleaving fuera usado, en el supuesto caso de perderse un burst completo se tendría una pérdida del 25%. Esto es demasiado para que el decodificador de canal pueda hacerlo correctamente. Por lo que se utiliza un segundo nivel de interleaving el cual resultaría en una perdida BER del 12.5% tan solo.

En lugar de enviar 2 bloques de 57 bits del mismo intervalo de conversación de 20mseg. dentro de un mismo burts, se envían un bloque de un intervalo de 20mseg y un bloque del siguiente intervalo de 20mseg. Un retraso es introducido al sistema cuando la Ms debe esperar por los siguientes 20mseg de conversación. El sistema ahora puede permitirse perder todo un burst y tan solo perder el 12.5% de la transmisión de un intervalo de conversación de 20 mseg. El decodificador de canal puede corregir como máximo dicha pérdida del 12.5%.



Trama de voz

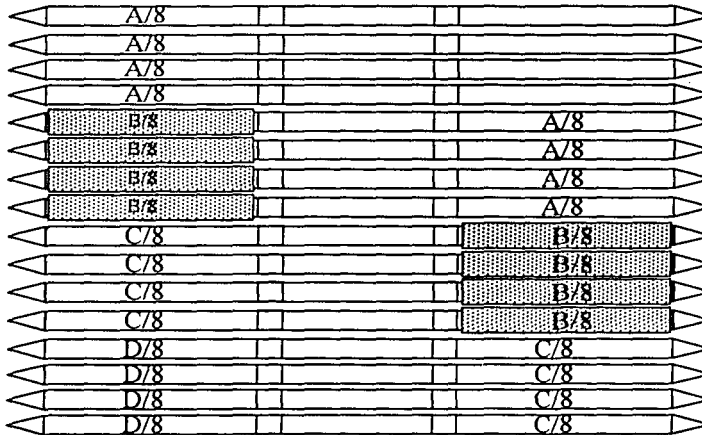


Figura III.7 Segundo nivel de interleaving

III.1.4. Fase 6: Cifrado /Encriptación

El propósito de cifrar es el de codificar el burst para que no pueda ser interpretado por cualquier otro dispositivo más que el receptor correcto. El algoritmo usado no añade bits al burst, por lo que la salida y la entrada al proceso de cifrado es el mismo, es decir, 456 bits por 20mseg.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

III.1.5. Fase 7:Formateo de Burst

Como se explico anteriormente, todas las transmisiones de la MS/BTS deben incluir algunos bits extra como son 26 bits en la secuencia de prueba, 2 bits de bandera y 6 bits de cola. El proceso de formateo de burst es el de añadir dichos bits a los datos transmitidos ($57+57=114$). Por consiguiente estos incrementan el burst de 114 a 148 bits, por lo que se incrementa la velocidad de transmisión en la interfase de aire, pero es necesario contrarrestar problemas en la vía de radiación.

En GSM, la entrada al formateo de burst para 20 mseg de conversación es de 456 bits recibidos del cifrado. El formateo de burst añade 136 bits a esto, teniéndose en total 592.

Sin embargo, cada time slot en una trama TDMA es 0,577mseg de largo. Esto es suficiente tiempo para los 156.25 bits a transmitirse (cada bit toma 3.7 seg), pero un burst solo contiene 148 bits. El resto del espacio, 8.25 tiempos de bit, estan vacíos y es llamado tiempo de guarda (GP). Este tiempo es utilizado para que la MS/BTS rampe hacia arriba o rampe hacia abajo. El término rampear hacia arriba significa obtener potencia de la batería/fuente de poder para la transmisión. Rampear hacia abajo ejecutado después de la transmisión para asegurar que la MS no este transmitiendo durante los timeslots de otra MS.

La salida del formateo de burst es un burst de 156.25 (un burst) o 625 bits (four burst) por 20 mseg de muestra. La velocidad de transmisión para GSM puede ser calculada de la siguiente manera:

$$156.25/0.577= 270.9 \text{ (Velocidad de transmisión)}$$

III.1.8. Fase 8: Modulación y transmisión

Los bits deben ser entonces radiados utilizando una frecuencia portadora. Como se explico anteriormente, el sistema GSM utiliza la técnica de modulación GMSK. Los bits son modulados sobre una frecuencia portadora y así transmitidos (como por ejemplo en la frecuencia 912.2 MHz).

La siguiente figura muestra el proceso de transmisión GSM.

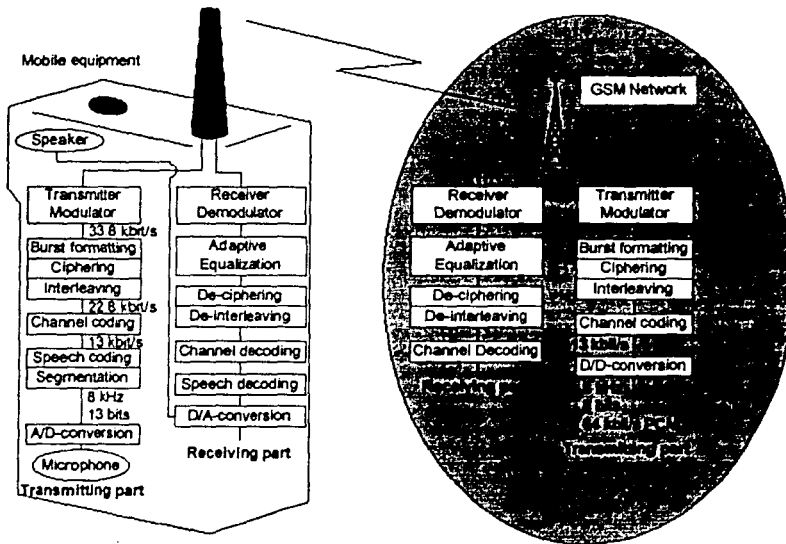


Figura 3.8 Proceso de Transmisión GSM

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.2. Problemas de Transmisión

Varios problemas pueden ocurrir durante la transmisión de una señal radiada. A continuación se describen algunos.

III.2.1. Perdida por Distancia (PATH LOSS)

Esto es cuando la señal se va haciendo más y más débil debido al incremento de la distancia entre la BSC y la MS, aún cuando no existan obstáculos entre ellas. Muy pocas veces este proceso termina con una llamada caída ya que antes de que eso ocurra, generalmente, el sistema hace un cambio de BTS.

III.2.2. Perdida por Sombra(SHADOWING)

Esto se debe a los obstáculos que se presentan en el camino que la señal debe recorrer para llegar a la MS, como pueden ser edificios, árboles, cerros, etc. Dichos obstáculos generan un efecto shadowing el cual decrementa el poder de la señal.

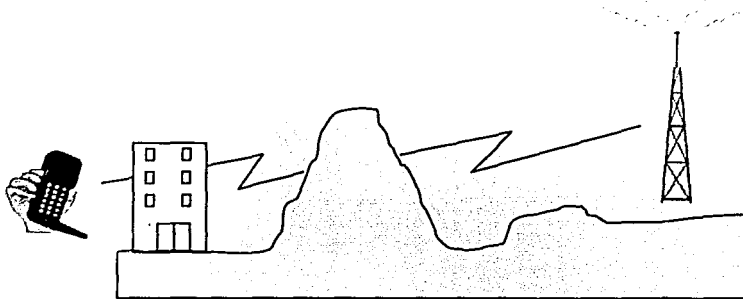


Figura III.9 Shadowing

III.2.3. Pérdida Multisendero

Esta ocurre cuando hay más de un camino hacia la MS o a la BTS, y por ello más de una señal llega al receptor. Esto se debe a que la señal puede rebotar en edificios, montañas o algún obstáculo y llegar al receptor. Pérdida Rayleigh y la de dispersión de tiempo son ejemplos de pérdidas multisendero.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.2.4. Pérdida Rayleigh

Esto es cuando la señal toma más de un camino para llegar a la antena receptora. En este caso la señal no es recibida en una línea de vista directa de la antena Tx, sino que es reflejada en algún edificio, por ejemplo, y es recibida por varios diferentes caminos. Esto es común en zonas donde los obstáculos se encuentran cerca de las antenas receptoras.

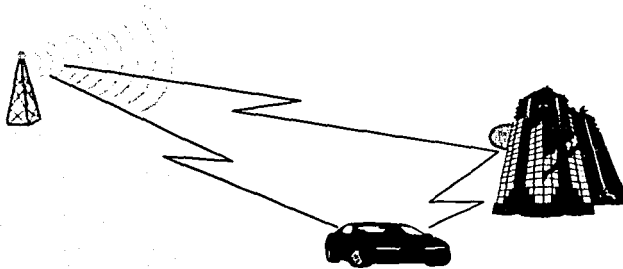


Figura. III.10. Pérdida Rayleigh

La señal recibida es la suma de las señales idénticas que llegan hasta nuestra antena receptora, y que difieren solo en la fase. Como aproximación, la distancia entre dos picos de la señal causada por la pérdida Rayleigh es cerca de la mitad de la longitud de onda de la señal transmitida, es decir, que en GSM 900 la distancia entre pico a pico es de 17 cm.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.2.5. Dispersión de Tiempo

Este es otro problema causado por los diferentes caminos que puede tomar una señal y llega hasta una antena receptora. En contraste con la pérdida Rayleigh, la señal reflejada viene de un objeto lejano a la antena RX.

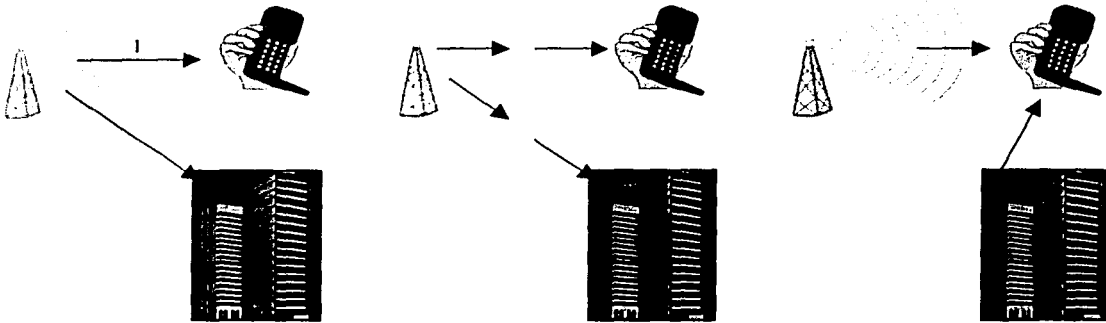


Figura. III.11. Dispersión de tiempo

La dispersión de tiempo causa Interferencia inter símbolo (ISI) donde los símbolos consecutivos (bits) interfiere con otro haciendo difícil para el receptor saber cual es el correcto.

Si el símbolo llega atrasado un tiempo de bit después de la señal directa, al receptor le llegará un símbolo de la señal directa y al mismo tiempo un símbolo de la señal reflejada.

III.2.6. Alineamiento de Tiempo

Cada MS esta asignada en un time slot. El problema de alineamiento de tiempo viene cuando la información de un time slot llega a destiempo e interfiere con el siguiente time slot.

Una distancia demasiado grande puede ocasionar este problema ya que la señal no puede llegar en el tiempo asignado.

En la figura se muestra un ejemplo, la MS que esta situada en el time slot 3, se encuentra cerca de la BTS pero a medida que esta se va alejando de la BTS la información situada en el time slot 3 va sufriendo un desfase hasta llegar a empezar a interferir con el time slot 4.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.2.7. Pérdida de Señales Combinadas

Los problemas antes mencionados se explicaron por separado, pero es común que en una comunicación se lleven a cabo más de uno. En la figura se muestra como es la gráfica de una señal de con problemas de pérdidas Rayleigh, shadowing y pérdida por distancia.

Hablando generalmente la potencia de la señal va decreciendo con la distancia, alrededor de esta acepción variaciones lentas pueden ocurrir debido al efecto shadowing y variaciones rápidas debido a pérdidas Rayleigh.

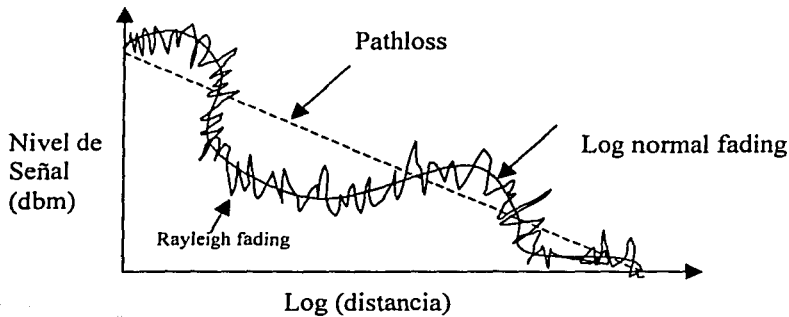


Figura. 3.1 Poder de Señal vs. Distancia

Por lo que la señal recibida vista desde cualquier punto se observa así:

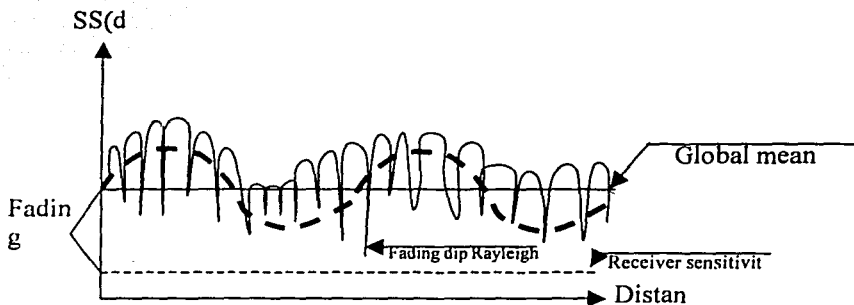


Figura. III.13. Señal de sensibilidad

Nivel de sensibilidad es el valor mínimo de potencia de señal requerido para una salida específica, ya que para detectar la información enviada de la antena transmisora a la antena receptora, X watts deben ser recibidos. Si esto no ocurriera la información se perdería y la llamada podría caerse. Para que esto no ocurra la señal debe de estar por encima de el nivel de sensibilidad.

Como es bien sabido de un ingeniero no se trata de decir solo que problema es el que existe, sino de proponer una solución, por lo que a continuación veremos algunas para los problemas anteriores.

III.3. Solución a los Problemas de transmisión.

III.3.1. Código de Canal

En la transmisión digital la calidad transmitida generalmente es expresada en términos de cuantos bits recibidos son incorrectos. Esto es llamado Razón de Bits con Error (BER), el cual es un porcentaje de bits con error.

Bits transmitidos	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0
Bits recibidos	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0
Error		*					*	*		

$$3/10 = 30\% \text{ BER}$$

Es imposible tener una transmisión sin errores, pero debe procurarse tener este porcentaje tan bajo como sea posible, y ser capaces de corregir o de por lo menos detectar estos errores para no tomarlos como buenos. Esto especialmente en la transmisión de datos ya que en transmisión de voz se puede aceptar un BER mayor.

La codificación de canal es usado para detectar errores en un flujo de bits recibido, esto añade bits al mensaje. Esto permite al sistema detectar si tiene bits con error y la corrección de estos.

III.3.2. Interleaving (Intercalar)

Codificación de canal es más eficiente para detectar y corregir errores de bits particulares o secuencias de error cortas, no es bueno para detectar largas secuencias de error ya que algunas veces un bit puede afectar a otros y propagar el error. Para esto se utiliza un proceso llamado interleaving, el cual consiste en separar datos consecutivos de un mensaje e intercalarlos con la información de otros mensajes para evitar la propagación de errores de un solo canal.

Esto es, si un bloque de información consiste de cuatro bits, si se pierde todo el bloque de información se tiene un BER del 100%, pero al intercalar la información, si se pierde un bloque de 4 bits se pierde un 25% de cada canal lo cual es menos perjudicial.

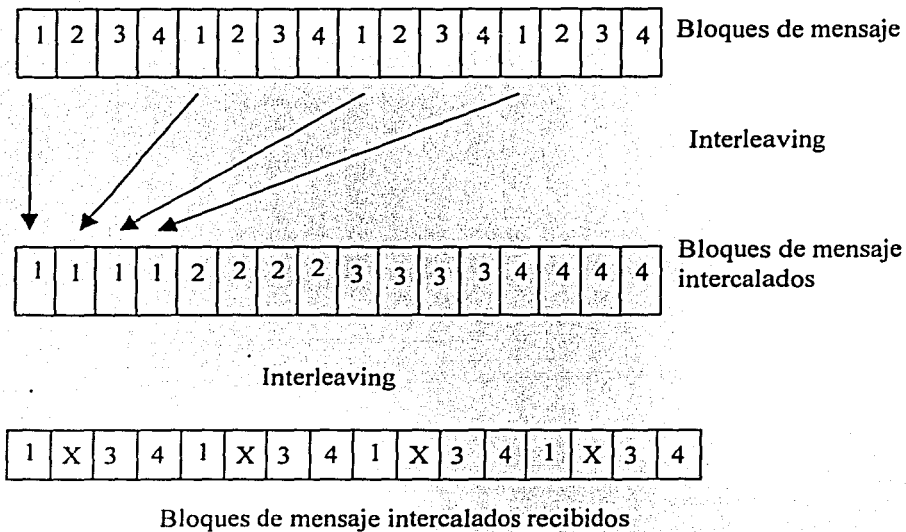


Figura III.14 Interleaving

III.3.3. Antena de Diversidad

La diversidad en antenas incrementa la potencia de la señal recibida aprovechando las propiedades naturales de las ondas radiadas. Existen 2 métodos de diversidad: diversidad de espacio y diversidad por polarización.

- a) **Diversidad de espacio.**- Se puede incrementar el poder de señal recibido por una BTS añadiendo otra antena receptora en lugar de una sola. Si dichas antenas están separadas determinada distancia una de otra, la probabilidad de que un mismo valle de la señal afecte a las dos es muy baja.

Lo que se logra con esto es que se escoja la mejor señal, por lo que el impacto de las caídas de señal disminuye. Diversidad de espacio ofrece mejor ganancia que la diversidad por polarización pero requiere más espacio.

- b) **Diversidad de polarización.**- Con la diversidad de polarización las dos antenas utilizadas en la diversidad de espacio son reemplazadas por una sola antena polarizada dual. Esta antena contiene un tamaño normal pero con un arreglo de 2 diferentes polarizados. Los más comunes son los arreglos vertical/horizontal y los arreglos a 45 grados de inclinación.

III.3.4. Ecuación Adaptiva

La ecuación adaptativa es una solución específica para el problema de dispersión por tiempo, y consiste en:

- 1) Patrones de 8 bits predefinidos y conocidos tanto por la BTS como por la MS conocidos como secuencia de entrenamiento. Los cuales a determinado tiempo la BTS ordena al MS incluir uno de estos en la transmisión hacia la BTS.
- 2) La MS y la BTS incluyen dicha secuencia en las transmisiones.
- 3) La parte receptora recibe la secuencia de entrenamiento y la compara con la secuencia ya conocida usada en esa celda. Los problemas durante el trayecto que afectan la transmisión del burst afectan de igual manera dicha secuencia.
- 4) El receptor puede detectar que ocurrió a todo el burst analizando la secuencia de entrenamiento y corrigiendo la información en la transmisión.

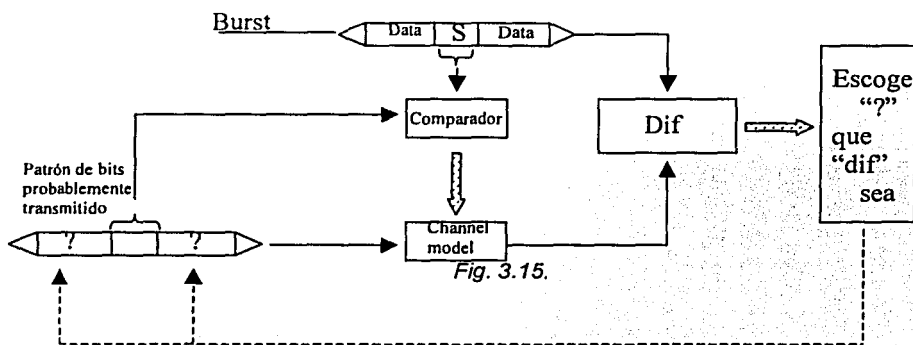


Figura III.15 Ecuación Adaptiva

Con la explicación anterior podemos resaltar que la ecuación adaptativa no resulta en una solución 100% efectiva, sin embargo un resultado suficientemente bueno es alcanzado.

III.3.5. Salto de Frecuencia

Como anteriormente se menciona las caídas Rayleigh son dependientes de la frecuencia por lo que los diferentes valles ocurren en diferentes lugares a diferentes frecuencias. Debido a esto es posible para la BTS y la MS el saltar de frecuencia en frecuencia durante una llamada. El salto de frecuencias debe de estar sincronizado entre la MS y la BTS.

En GSM existen 64 patrones de salto de frecuencia, en donde el primero es un simple corrimiento secuencial de las frecuencias y los restante 63 son pseudo-aleatorias secuencias.

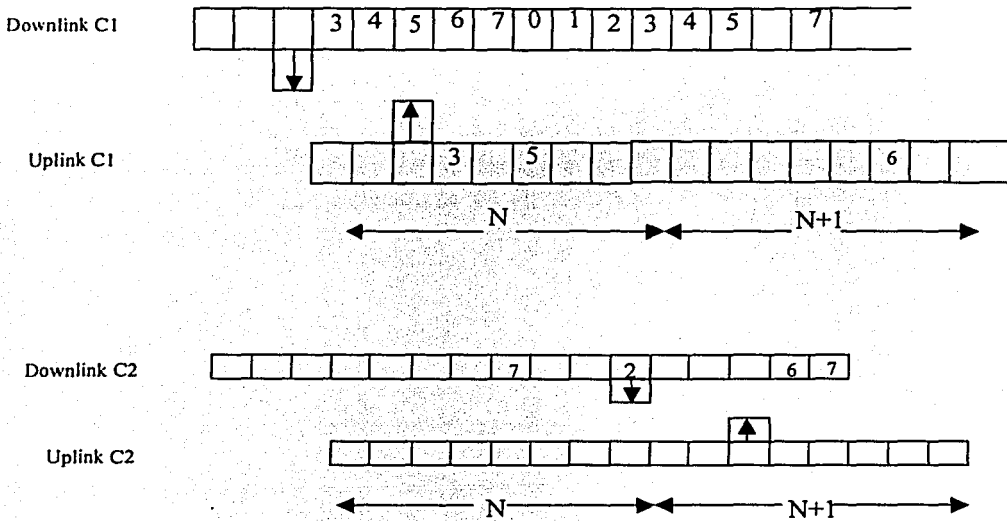


Figura. III.16 Salto de Frecuencia.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.3.6. Adelanto de Tiempo

El adelanto de tiempo es la solución al problema de alineamiento de tiempo. Esto funciona dando instrucciones al MS desalineado para transmitir antes o después a lo que normalmente lo hacía.

En GSM la información de adelanto de tiempo se da en tiempos de bit, debido a esto, un MS debe ser instruido para hacer su transmisión determinados tiempos de bit antes o después de la posición anterior para alcanzar el timeslot correcto en la BTS. Con un máximo de 63 tiempos de bit pueden ser usados en los sistemas GSM. Esto limita el tamaño de la celda a 35km de radio. Sin embargo con equipo adecuado se puede extender a distancias arriba de 70km o incluso 121km pueden ser manejados usando 2 timeslots.

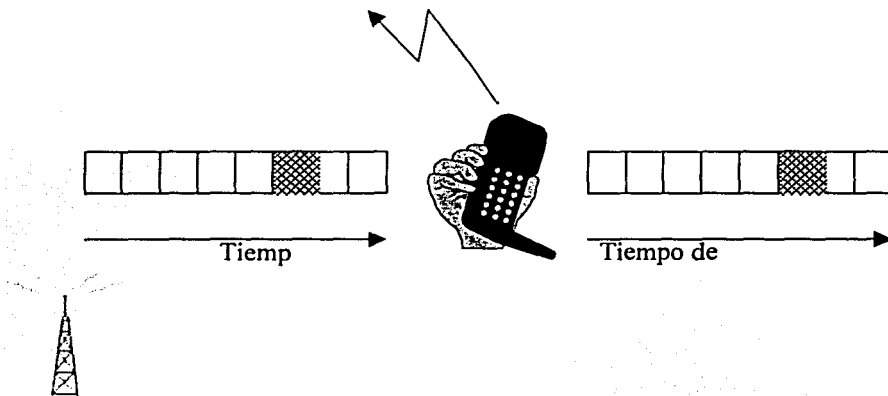


Figura. III.17 Adelanto del Tiempo

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO IV

“ELEMENTOS DE LA RED GSM”

Capitulo IV Elementos de la Red GSM

IV.1 Descripción general de los elementos de la Red GSM.

En este capítulo se explicará con mayor detalle cada uno de los elementos de la red GSM. Nuestro sistema está formado por los siguientes elementos:

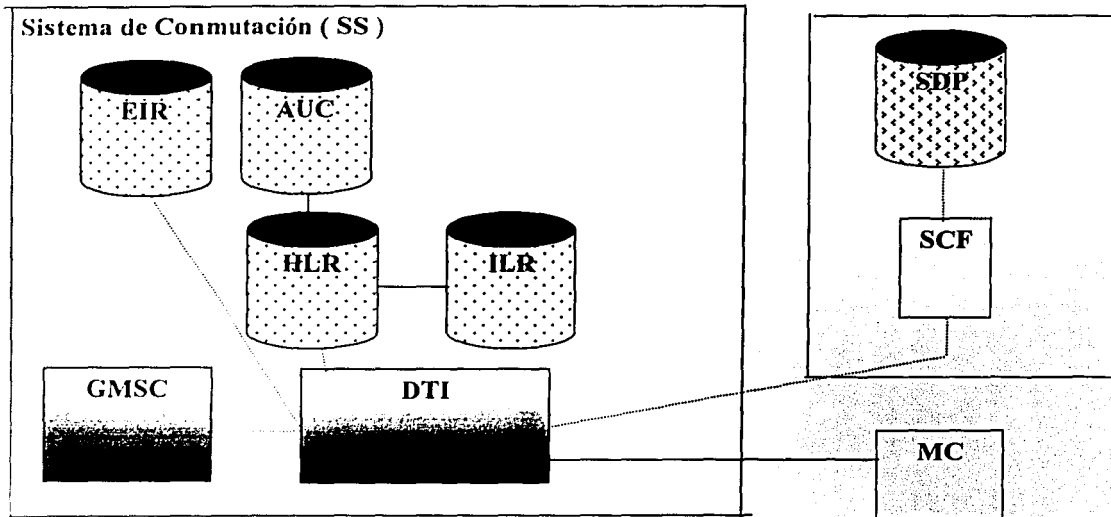


Figura IV.1 Elementos del Sistema GSM.

TIPO	ABREVIATURA	NOMBRE COMPLETO
Básico	MSC/VLR	Sistema de Conmutación Móvil. Centro de Registro de Visitantes
	GMSC	Gateway MSC
	HLR	Registro de usuarios propios
	ILR	Registro de
	AUC	Centro de Autenticación
	EIR	Registro identificador del equipo
	DTI	Interfase de transmisión de datos
Adicional	MC	Centro de Mensajes
	SSP	Funciones de Servicios de Conmutación
	SCP	Función de Servicios de Control
	SDP	Punto de Servicios de Datos

Tabla IV.1 Abreviaturas

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IV.2 Subsistema de Conmutación (SS)

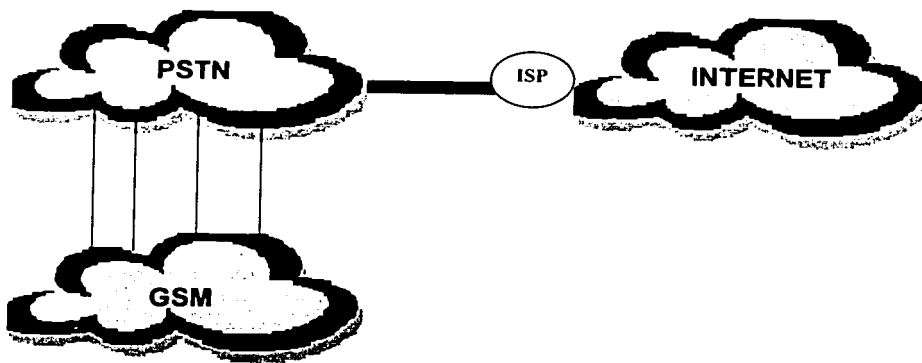
IV.2.1. Centro de Conmutación Móvil (MSC)

Funciones de MSC:

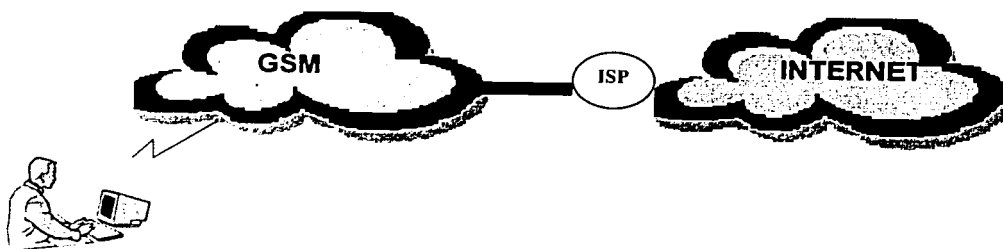
El primer nodo en una Red GSM es el MSC. Este es el nodo que controla las llamadas hacia las MS's y desde las MS's. A continuación se describen con más detalle sus funciones:

- **Conmutación y enlace de la llamada:** Una MSC controla el inicio de las llamadas, supervisa, enlaza y puede interactuar con otros nodos para hacer que la llamada sea exitosa. Esto incluye las rutas de las llamadas desde la MS hacia otros nodos de diferentes redes incluyendo una PSTN.
- **Tarificación:** Una MSC contiene funciones para tarificar las llamadas del usuario. Durante la llamada esto es guardado en una base de datos para su posterior cobro.
- **Servicios suplementarios:** Los servicios suplementarios son administrados por la MSC. Estos servicios pueden ser: identificador de llamadas, llamada tripartita, etc.
- **Comunicación con el HLR:** La primera comunicación que tiene una MSC y un HLR es durante el proceso de una llamada hacia una MS. Cuando el HLR requiere cierto tipo de información sobre la ruta que debe de seguir para encontrar al MS.
- **Comunicación con el VLR:** Este esta asociado con su respectivo VLR , con el cual se comunica para la información del suscriptor especificando la duración de la llamada
- **Comunicación hacia otras MSC's:** Esto puede ser necesario para dos MSC's cuando se requieren comunicar para realizar handover entre diferentes celdas de diferentes MSC's.
- **Control para conectar BSC's:** Cuando la BSC actúa como la interfaz entre las MS's y el SS , la MSC tiene la función de controlar el primer nodo de BSS: el nodo BSC. Cada MSC puede controlar algunas BSC's ,dependiendo en el volumen de tráfico , en particular del Área de Servicio MSC. Una MSC puede comunicarse con esta BSC durante, por ejemplo, el inicio de una llamada y los handovers entre 2 BSC's.
- **Acceso directo hacia los servicios de Internet:** Tradicionalmente una MSC accedía a los nodos de Internet de un Proveedor de servicios (ISP). Ahora esta función habilita directamente a la MSC a comunicarse directamente a los nodos de Internet.

En la figura IV.2 se ilustra el método de antes y el de ahora:



Método Tradicional



Acceso Directo a Internet

Figura IV.2 Comparación entre el acceso a Internet

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

V.2.2. Registro de Usuarios Locales (HLR)

El HLR es una base de datos centralizada que guarda y administra a todos los suscriptores que se dan de alta con su operador de red. Esta actúa como una permanente base de datos para una la información de una suscripción personal, solamente si la suscripción es cancelada. La información guardada incluye:

- Identidad del suscriptor.
- Servicios suplementarios del suscriptor
- Información de la localización del suscriptor
- Información de autenticación.

Las principales funciones del HLR son:

- **Base de datos del suscriptor:** Como una base de datos, el HLR debe de estar listo para procesar información rápidamente y responder para que los otros nodos tomen las acciones necesarias que le correspondan.
- **Comunicación con la MSC:** Cuando se realiza una llamada para una MS, es necesario para el HLR contactar con la MSC para saber la ruta que deberá de seguir la información. Analizando el numero MSISDN, la MSC sabe cual HLR contactar para poner en contacto al MS.
- **Comunicación con los GMSC's:** Durante el proceso de una llamada el GMSC requiere la información de la localización del MS esta información es proveída por el HLR. En caso de que la llamada sea transferida a un tipo de red telefónica fija es aquí donde entra en acción el GMSC, ya que el es el encargado de interconectar a diferentes tipos de redes con la red GSM.
- **Comunicación con el AUC:** Antes de cualquier actividad que envuelva el proveer un servicio o algún cambio en el suscriptor, el HLR debe de confirmar los datos y los nuevos parámetros.
- **Comunicación con VLR:** Cuando una MS se mueve en una nueva área de servicio MSC, requiere dar a conocer los datos de su suscriptor, para así enviarlos al VLR y esta funcione como un HLR, esto quiere decir que todos los datos del suscriptor deberán de pasar al VLR de la MSC donde se encuentra la MS.

Cuando el HLR se encuentra implementado solo (stand alone) esto es una solución para redes largas. Esto tiene la siguiente ventaja:

- Cuando el HLR se separa del MSC, tiene mayor capacidad para manejar llamadas en el MSC.

IV.2.3. Gateway MSC (GMSC)

Funciones de GMSC:

La función principal del GMSC es facilitar el enrutamiento de las llamadas hacia otras redes que no pertenezcan a la red GSM.

Por ejemplo si una persona desea hacer una llamada desde una PSTN a una MS de GSM, la encargada de hacerle saber a nuestra MSC que una llamada será recibida desde una red pública de telefonía es el GMSC.

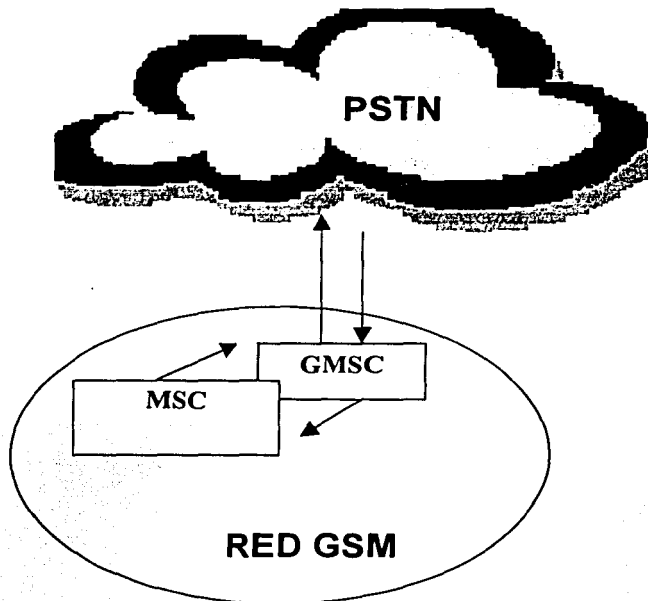


Figura IV.3. Función del GMSC

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IV.2.4. Centro de autenticación (AUC)

La telefonía pública necesita un mayor nivel de protección que la telefonía tradicional. Para proteger a la red GSM las siguientes funciones se han definido:

- **Información cifrada:** La información enviada entre la red y la MS es cifrada y solamente la MS puede descifrarlo .
- **Identificación de equipo móvil:** Debido a que el suscriptor y el equipo son separados en la red GSM , esto es necesario para tener separados los procesos de autenticación para el equipo móvil. Esto significa que si un suscriptor es valido pero si su MS no lo es entonces, no se le podrá brindar el servicio.
- **Identificación confidencial del suscriptor:** Durante la comunicación entre una MS y el enlace de radio es deseable que el numero real de identificación (IMSI) de la MS no sea siempre transmitido. En cambio a veces se envía un número temporal de identificación (TMSI). Esto ayuda a evitar fraudes en la suscripción.

Por lo anterior se hizo necesario la creación del siguiente centro de autenticación: El AUC.

La principal función del AUC es proveer información, que después será usada por el MSC o VLR para autenticar la información del suscriptor y establecer un proceso de codificación que será usado entre el enlace de radio y la MS.

La información enviada es llamada TRIPLETES y consiste en:

1. Un numero escogido aleatoriamente o RANDOM (RAND).
2. Una señal de respuesta (SRES)
3. Un código de apertura (Kc)

Provisión de Tripletes:

Al momento de la suscripción, cada suscriptor se le asigna un número de autenticación (Ki). Ki es guardada en el AUC junto con el numero de suscriptor IMSI. Los dos son usados en el proceso de provisión de tripletes. El mismo Ki y el mismo IMSI son también guardados en el SIM. En un AUC los siguientes pasos son efectuados para producir un triplete:

1. Un numero elegido aleatoriamente es generado.
2. RAND y Ki son usados para calcular la señal de respuesta(SRES) Y Kc. usando 2 diferentes algoritmos, A3 y A8 respectivamente.
3. RAND, SRES Y Kc. considerados enviados juntos al HLR como un triplete.

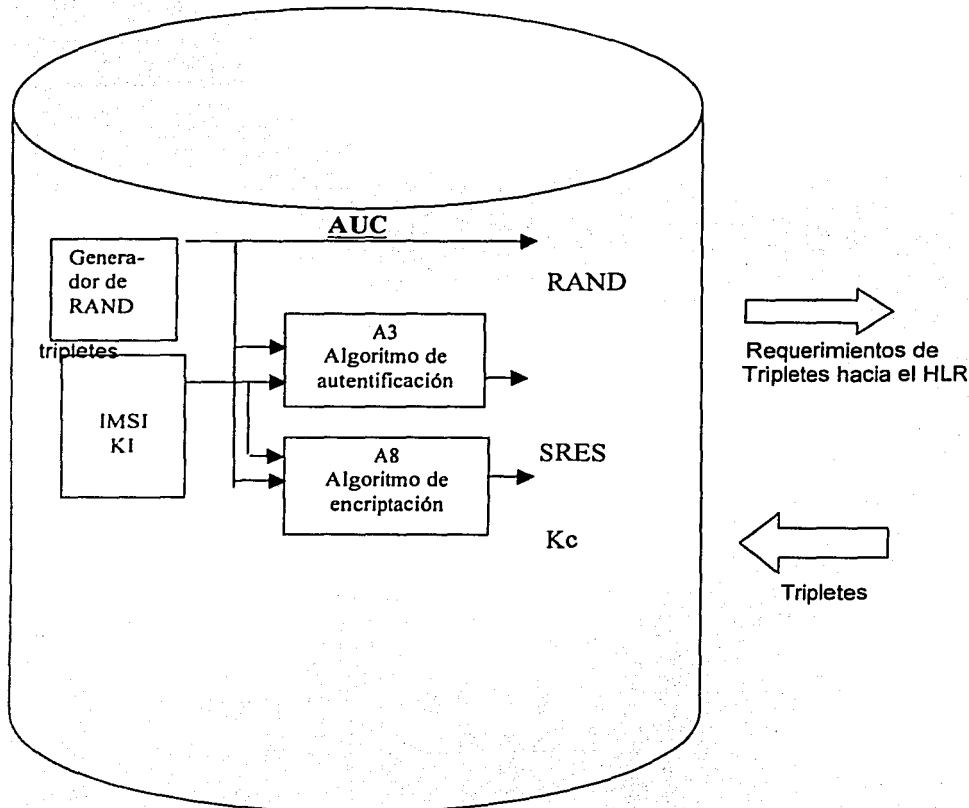


Figura V.4 Procedimiento de tripletes

Proceso de Autenticación:

1. La MSC transmite el # RAND a la MS.
2. La MS captura el #SRES asignado usando RAND y el código autenticación del usuario (Ki), a través del algoritmo A3.
3. La MS captura el # Kc que fueron enviados a través del Ki y del RAND en el algoritmo A8. Kc va a ser el encargado de descifrar y codificar en la MS.
4. La señal SRES es enviada hacia la MSC con el proceso de autenticación, para checar el estado, el SRES hacia la MS y también el SRES es enviado para la máquina de AUC. Si es valido se le permite el acceso al usuario. Si son incorrectos los valores entonces se le niega el acceso al usuario.

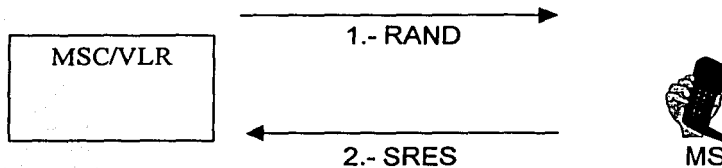


Figura IV.5 Proceso de autenticación

Proceso de Codificación:

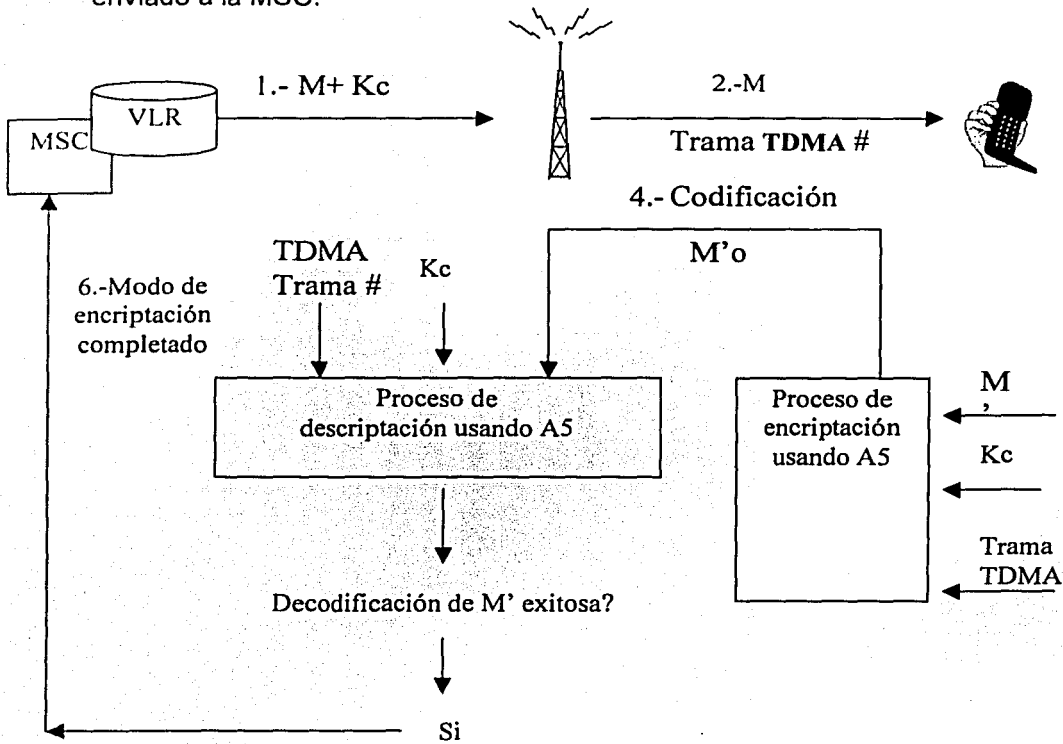
Este proceso es necesario para la seguridad de los suscriptores, este proceso se lleva a cabo entre la BTS y la MS.

La actual codificación se lleva a cabo en modo comando(M).

A continuación se muestran los pasos que sigue este proceso:

1. M y Kc son enviados hacia la MSC de la BTS.
2. M es enviado hacia la MS.
3. M es encriptada usando Kc y la trama TDMA y es enviada a través de el algoritmo A5.
4. El mensaje encriptado es enviado hacia la BTS.
5. Encriptado ya M es descifrado en la BTS usando Kc, la trama TDMA y la descripción del algoritmo A5.

6. Si la decifración de M fue exitosa, el modo de código completa el mensaje y es enviado a la MSC.



- A5 Algoritmo de Encriptación y descryptación
- M Encriptación en modo comando
- M' Encriptación de modo completo
- M'o Encriptación de modo completo, codificado
- K0 Código de codificación

Figura IV.6 Procedimiento de Codificación

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IV.2.5. Registro de Identificación del equipo(EIR)

El EIR es otra herramienta que nos permite tener un control sobre el equipo para evitar fraudes en la red GSM.

El procedimiento para identificación del equipo usa la propia identidad del MS para validar que la terminal móvil es válida.

A continuación se enlista el procedimiento para validar este parámetro:

1. La MSC pide el numero IMEI a la MS.
2. La MS envía su IMEI hacia la MSC
3. La MSC envía el número IMEI hacia el EIR.
4. Cuando el EIR recibe el numero IMEI le examina en tres listas que están contenidas en él:
 - Una LISTA BLANCA que contiene todos los números de los suscriptores que no tienen ningún problema, es decir que están habilitados para otorgarles el servicio.
 - Una LISTA NEGRA que contiene todo los identidades de los equipos que han sido robados.
 - Una LISTA GRIS donde se guardan todos los identidades de los equipos que tienen algún tipo de problema .
5. El resultado es enviado a MSC con la decisión del estado de acceso o denegado el acceso al equipo .

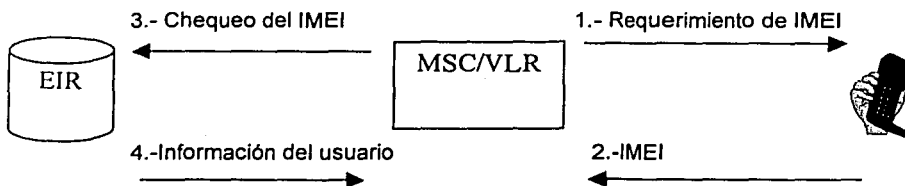


Figura IV.7 Procedimiento de Autenticación

IV.3. Sistema de Estación Base (BSS)

IV.3.1. Introducción a BSS

El Sistema de Estación Base (BSS) es el responsable de todas las funciones de radiación del sistema, tales como:

- Radio comunicación con las unidades móvil
- Handover de llamadas en progreso entre celdas
- Manejo de todos los recursos de la radio red y la configuración de datos de las celdas

Los componentes de las BSS que nosotros manejaremos consiste en 3 componentes:

- **Controlador de Estación Base (BSC)** .- Es el nodo central dentro del BSS y es el encargado de coordinar las acciones del TRC y la RBS.
- **Controlador Transductor (TRC)** .- El TRC provee con capacidades de adaptación de volumen. Esto es necesario ya que el volumen usado a través de la interfase de aire y la MSC/MLR son diferentes (33.8 Kbps y 64 kbps respectivamente, A/D multiplexa varias de 16Kbps en 64kbps). El dispositivo que desempeña la adaptación de volumen se le denomina transcodificador.
- **Estación Radiobase (RBS)** .-La RBS se desempeña como la interfase entre la MSC y la estación móvil, previendo cobertura con su antena.

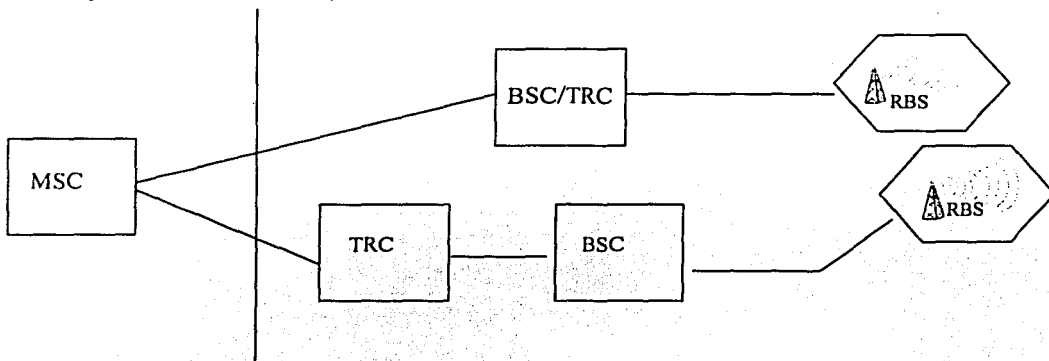


Figura IV.8 Sistema de Estación Base(BSS)

Controlador de Estación Base y Transcodificador.

- BSC/TRC.- Una BSC combinada con un TRC. Esto es aplicable para mediana y para alta capacidad como en redes urbanas y suburbanas, el nodo puede manejar arriba de 1,020 transmisores receptores (TRx), 15 BSC remotos pueden ser soportados por una BSC/TRC.
- Stand alone BSC y stand alone TRC.- La BSC stand alone (sin transcodificadores) es usado para aplicaciones de mediana y baja capacidad y complemento de una BSC/TRC especialmente en áreas suburbanas y rurales. Provee arriba de 300 TRx.

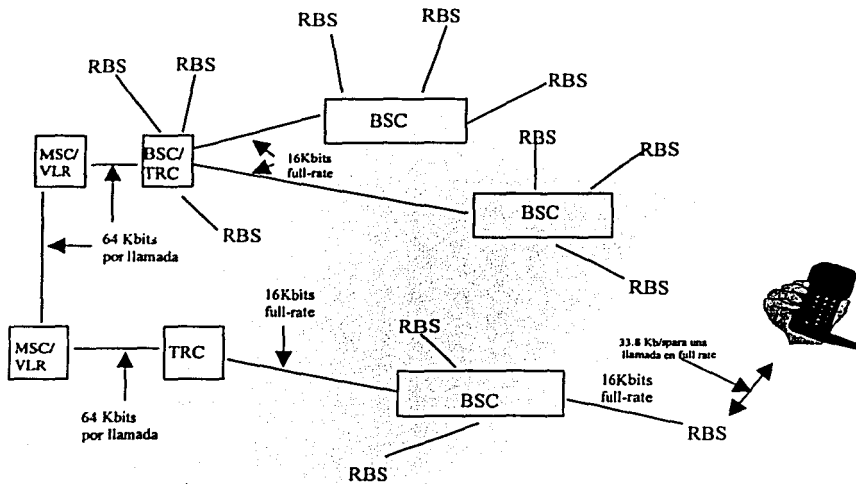


Figura IV.9 TRC utilización de las razones de transmisión en la BSS

IV.3.2. Controlador del Transcodificador.(TRC)

Funciones del TRC

La principal función del transcodificador es la de adaptar el volumen de datos y la de ejecutar la transcodificación.

Trascodificación se le denomina al proceso de convertir la información de un código PCM a un código de voz GSM. Este proceso se lleva a cabo tanto en la MS como en la BSS.

Adaptación del Volumen de Datos

La adaptación de velocidad envuelve la conversión de información que llega de la MSC/VLR a una velocidad de 64 Kbps a una razón de 16Kbps a la transmisión a la BSC (full rate call). Estos 16Kbps contienen 13Kbps y 3Kbps de información para señalización.

La función de adaptación es muy importante ya que sin esta los enlaces hacia el BSC requerirían 4 veces más capacidad de volumen de datos. Así como las capacidades de transmisión de una gran parte de la red. Reduciendo el volumen a 16Kbps es posible reducir a un cuarto los enlaces de transmisión y el equipo implementado.

Algunas veces puede encontrarse los transcoders junto con los adaptadores, los cuales son llamados TRAU's. Todos los TRAU están aunados en pro de cualquier BSC conectada al TRC pueda solicitar el uso de un TRAU para ejecutar una llamada.

El TRC soporta transmisión discontinua. Si se encuentran pausas en la transmisión de voz, el TRAU envía ruido cómodo en dirección del MSC/VLR.

IV.3.3. Estación de Control Base (BSC)

Funciones de la BSC

La BSC controla la mayoría de los procesos de la radio red. Se encarga principalmente de asegurar la utilización de la mayoría de los recursos. Las principales funciones de la BSC son:

- Control de la Radio Red
- Control de la RBS
- Manejo del TRC
- Control de la transmisión de la Red
- Operación y mantenimiento interno de la BSC
- Manejo de las conexiones de la MS

El control de la radio red incluye las siguientes tareas:

- Datos de la descripción de la celda (identidad de celda, número de canal BCCH, máximos y mínimos en la potencia de salida de la celda, tipo de RBS, etc)
- Datos de información del sistema (información acerca de que si el sitio esta o no bloqueado del acceso, máxima potencia de salida permitida de la celda, idntidades de los canales BCCH en las celdas vecinas)
- Datos de localización (rango de la celda usado en HCS (Estructura de Jerarquía de Celdas) y situaciones de alta carga de tráfico)
- Datos de carga compartida de celda (parámetros de handovers forzados para celdas congestionadas)
- Mediciones de tráfico y eventos como número de intentos por llamada, congestión, niveles de tráfico por celda, niveles de tráfico por MS, número de handovers, número de conexiones caídas, etc.
- Mediciones de canal en estado inactivo: La RBS recoge mediciones de potencia de señal y de nivel de Rx (calidad). Estas estadísticas son usadas durante el proceso de locación del canal, y así el canal con menos interferencia es utilizado para establecer la llamada.

Las principales tareas del control de la RBS son:

- Configuración de la RBS: Esto envuelve el acomodo de frecuencias a las combinaciones de canales y niveles de poder para cada celda de acuerdo al equipo disponible. Si un equipo llegara a faltar causando la pérdida de canales importantes, un reacomodaría necesario con el fin de sacrificar los canales de menor importancia por los de mayor.
- Manejo del software de la RBS: Esto envuelve todo lo concerniente al control de carga de programas.
- Mantenimiento del equipo de la RBS: Las fallas y disturbios sufridos por la RBS se van grabando y creando logs continuamente.

Manejo del TRC

Aunque el TRAU se encuentra dentro de TRC, la BSC como controladora de los radio recursos de la red GSM es la encargada de coordinar el uso de la TRAU para una llamada.

Durante el establecimiento e una llamada, la BSC instruye al TRC de situar un dispositivo TRA a la llamada. Si no esta disponible, el TRC confirma la locación de un dispositivo TRA considerando estar bajo el control de la BSC por la duración de la llamada.

Controlador de Transmisión de Red

La red de transmisión para una BSC incluye los enlaces de y hacia la MSC/VLR y RBS. Esto envuelve las tareas siguientes:

- Manejo de la interfase de transmisión: Esto provee funciones de transmisión, supervisión, pruebas y localización de fallas de los enlaces hacia la RBS. La BSC configura, sitúa, y supervisa los circuitos de 64Kbps de los enlaces PCM a la RBS. Esto también controla directamente un switch en la RBS que habilita la utilización eficiente de los circuitos de 64 Kbps.

Operación y Mantenimiento Interno de la BSC

La operación y mantenimiento de la BSC puede llevarse a cabo internamente o remotamente por el OSS. La operación y mantenimiento interno envuelve las siguientes características:

- Mantenimiento del TRH : Administración, supervisión y prueba del Controlador de Transceiver (TRH) es llevada a cabo en la BSC. El TRH consiste tanto en

Hardware como en software. Un TRH es localizado en procesador regional del grupo de switch (RPG). Un TRH puede así varios tranceivers. Y a su vez, pueden haber varios RPSG in la BSC.

- Control de proceso de carga en la BSC: Esta función asegura que en una sobrecarga gran llamadas puedan seguir siendo manejadas por la BSC. Si demasiadas llamadas son aceptadas, requerimientos de tiempo real como tiempo de establecimiento e llamadas pueden no ser completados. Para prevenir esto, algunas llamadas necesitan ser rechazadas en situaciones de alta carga. Las llamadas ya aceptadas por el sistema no sufrirán debido a la sobrecarga.

Manejo de las Conexiones de la MS

Establecimiento de la Llamada

El establecimiento de llamada envuelve el siguiente proceso:

- Voceo.- La BSC envía mensajes de voceo a la RBS definida dentro de el Área Local deseada. La situación de carga es checada antes del comando de voceo sea enviado a la RBS.
- Ajuste de señalización.- Durante un establecimiento de llamada, la conexión e la MS es transferida a un SDCCH designado por la BSC. Si la MS inició la conexión, la BSC checks el procesador de carga antes de que la solicitud esté más avanzada.
- Asignación de un Canal de Tráfico.- Después de la asignación de un canal de tráfico, el proceso de establecer una llamada continúa con la asignación de un canal de tráfico por la BSC. Mientras esto toma lugar, las funciones de supervisión de radio canal de la BSC son informadas de que la MS ha ordenado un cambio de canal. Si todos los TCH en la celda están ocupados, puede llevarse a cabo un intento de utilizar un canal de una celda vecina.

Durante una llamada:

Las principales funciones durante una llamada son:

- Poder de Control Dinámico de la MS y de la RBS.- La BSC calcula la salida de potencia adecuados tanto para la MS como para la RBS basándose en los reportes de up link y del downlink. Estas mediciones son enviadas a la BTS para mantener buena calidad de conexión.
- Localización.- Esta función evalúa continuamente la radio conexión de la MS, y de ser necesario sugiere un handover hacia otra celda. Esta sugerencia incluye una lista de celdas candidatas. La decisión se basa en mediciones tomadas por la MS y la BTS. El proceso de locación se lleva a cabo en la BTS.
- Handover.- Si el proceso de locación decide que se debe de realizar un Handover, la BSC decide entonces, a cual celda hacer el handover y el proceso de handover comienza.
- Si la celda pertenece a otra BSC, la MSC/VLR queda involucrada en el proceso. Sin embargo, la MSC/VLR es controlada por la BSC en un handover. Esto es porque la MSC no tiene conocimiento en tiempo real acerca de la conexión.
- Salto de Frecuencia.- Dos tipos de saltos son desempeñados por la BSC:
 1. Salto de Banda Base.- Este envuelve saltos entre frecuencias en diferentes trancivers en una celda.
 2. Salto Sintetizador.- Este envuelve saltos de una frecuencia a otra del mismo tranciver en una celda.

IV.3.4. Estación Radiobase (RBS)

La RBS todo el equipo de radio transmisión necesarios para la transmisión a una o varias celdas.

Funciones de la Radiobase:

La funcionalidad de la RBS puede dividirse en las siguientes áreas:

- a) Recursos de radiación
- b) Proceso de señal
- c) Control de enlace de señalización
- d) Sincronización
- e) Manejo de mantenimiento local
- f) Supervisión y prueba de funcionalidad.

a) Recursos de Radiación

La función principal de la RBS es la proveer la conexión con la MS a través de la interfase de aire. Esto incluye las siguientes tareas:

- Arranque del sistema y configuración: La configuración del sistema envuelve la carga del software de la BSC y los parámetros de ajuste prioritarios para que el sistema comience, incluyen:
 - Frecuencias de transmisor y de receptor
 - Máxima potencia de salida
 - Código de identificación de la Estación Base (BSIC)
- Radio transmisión: Para transmitir más de una señal de diferentes frecuencias a través de una misma antena, es necesario usar un combinador o una serie de ellos. La potencia de transmisión es controlada por la BSC.
- Radio recepción: Además de recibir el tráfico de los canales físicos la RBS se encarga de detectar las solicitudes de canal de las MS (cuando una llamada esta siendo establecida).

b) Proceso de señal

La RBS es responsable del proceso de señal antes de la transmisión y después de la recepción. Este proceso comprende:

- Codificación usando una llave de código
- Código de canal e interleaving
- Ecuación adaptativa
- Realización de diversidad
- Demodulación

c) Control del enlace de señalización

La RBS maneja el enlace de señalización entre la BSC y la MS aplicándole el protocolo apropiado a la información que va a ser enviada.

d) Sincronización

Información de tiempo es extraída de los enlaces de PCM de la BSC y es enviada al módulo de tiempo dentro de la RBS. Esto permite a la RBS sincronizar correctamente con la frecuencia de referencia y la trama TDMA correctas.

e) Manejo del Mantenimiento local

La RBS permite que las funciones de operación y mantenimiento sean ejecutadas localmente en el sitio RBS, sin la conexión a la BSC. Por lo que los técnicos pueden dar mantenimiento al equipo RBS y al software directamente en el sitio.

f) Supervisión y Prueba de Funcionalidad

La supervisión y prueba de las funciones de la RBS son soportados, usando pruebas propias del sistema o pruebas ejecutadas por un comando.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

IV.3.5. Otro equipo de Acceso de la Red

Unidad de Switch de Distribución (DXU)

La DXU realiza funciones como:

- Provee una interface hacia la BSC
- Controla los recursos de enlace y conecta los timeslots de tráfico de la BSC a los TRU's.
- Controla la señalización a la BSC y ejecuta la concentración
- Extrae información de sincronización del enlace y genera una referencia de tiempo para la RBS.

Además, la DXU tiene una base de datos la cual almacena acerca del hardware instalado.

Unidad de Tranceiver

Una TRU incluye toda las funciones necesarias para manejar una radio portadora (una trama TDMA de 8 time slots). Es responsable de la transmisión, recepción, amplificación y proceso de la señal.

La TRU contiene una prueba de radio frecuencia retroalimentada entre el transmisor y el receptor. Esto facilita al TRU a probar generando señales y luego retroalimentandolas. Las TRU's están conectadas por medio de un bus para habilitar el salto de frecuencia.

Unidad de Distribución y Control

La CDU hace de intreface entre la TRU y la antena doble sentido. La función del CDU es la combinar señales de los transmisores para ser transmitidas y la de distribuir las señales recibidas hacia los receptores. Todas las señales son filtradas antes de pasar por el transmisor y después de la recepción utilizando un filtro paso banda.

Los diferentes tipos de CDU incluyen:

- Sin combinadores
- Con combinadores híbridos
- Con combinadores de filtro (pata soportar configuraciones grandes)

Las CDU's con filtros duplexores hacen posible la recepción y la transmisión a través de la misma antena.

4 Tx en 2 diferentes antenas

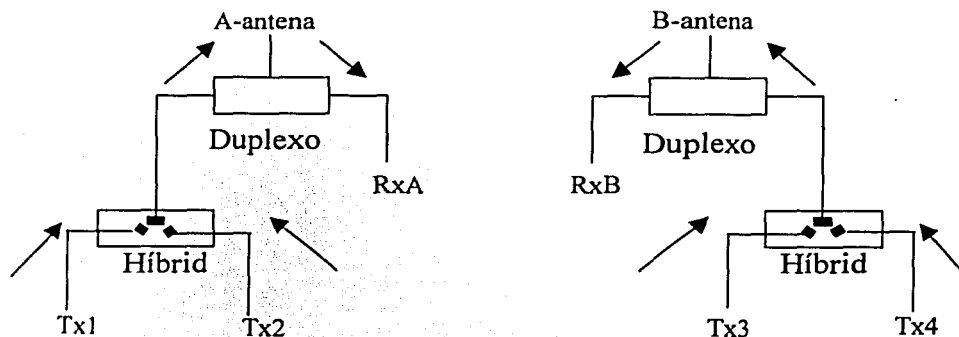


Figura IV.10 .Ejemplo de CDU tipo C

Unidad de Suministro de Poder (PSU)

La PSU rectifica el suministro de voltaje a los 24Vcd necesarios para la correcta operación de la RBS.

Unidad de Control de Energía (ECU)

La ECU controla y supervisa el equipo de potencia y regula las condiciones ambientales del equipo dentro del gabinete.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IV.4 Estación Móvil (MS)

IV.4.1. Introducción

La MS es el equipo usado para acceder a la red. La MS consiste principalmente en dos partes:

- Módulo de Identificación del Suscriptor (Tarjeta SIM)
- Equipo Móvil (ME)

Una tarjeta SIM es una pequeña tarjeta electrónica, la cual permite almacenar información sobre el suscriptor.

La MS es en realidad todo el teléfono móvil.

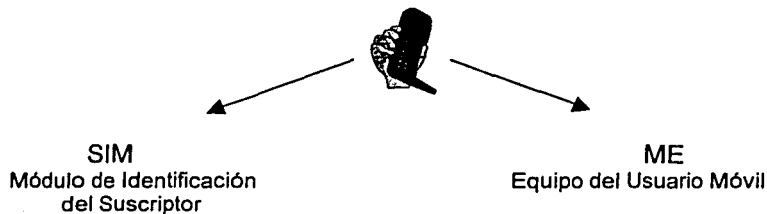
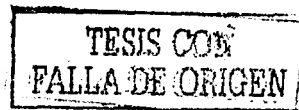


Figura IV.11 Estación Móvil (MS)

IV.4.2. Funciones de la Estación Móvil

Las principales funciones de la estación móvil se enumeran a continuación :

- 1.-Transmisión y recepción.
- 2.-Realizar algunos tipos de mediciones.



IV.4.3. Medidas hechas por la Estación Móvil

Las mediciones hechas por la estación móvil son utilizadas para tomar decisiones sobre la intensidad de señal y los handovers.

Las mediciones se hacen tanto en modo activo como en modo Idle.

Modo Idle:

Si nuestra estación móvil se encuentra en este estado entonces el proceso que seguirá es el siguiente:

- 1.- El móvil escanea todos los canales de frecuencia en el Sistema GSM y calcula el promedio de cada uno. La estación móvil se sintoniza en el cual tiene una mayor intensidad de señal y determina si se trata de un BCCH. En caso de que no sea este un BCCH entonces, la estación móvil buscará a la segunda celda con mayor intensidad de señal para conectarse de esta.
- 2.-Una vez que ya encontró un BCCH la estación móvil entonces busca que este pertenezca al operador que le da el servicio.
- 3.-En caso de que no pertenezca el BCCH al operador que le da el servicio entonces no podrá conectarse a la red, pero si podrá efectuar llamadas de emergencia. Esta información la verá desplegada en el display del teléfono con el mensaje: "Solo llamadas de Emergencia"
- 4.-En el caso de que no encuentre ningún tipo de canal , o no se pueda enganchar a ninguna red el teléfono mostrará en su display: "Sin acceso a red".

Modo Activo:

Durante una llamada la estación móvil continua reportándose(vía SACCH) con el sistema, esta reporta continuamente como es la intensidad de la señal recibida desde la BTS. Las señales que mide son la calidad y la intensidad de la señal en la MS . Esas mediciones son usadas por la BSC para tomar decisiones de cuando será requerido un handover.

Es importante resaltar que en este sistema ya no tomará la señal de la Radio base que encuentre más cerca, si no que como ya se explico anteriormente, tomara la señal de la radio base que tenga mayor calidad y mejor intensidad, no importando que este alejada.

IV.4.4. Funciones de ahorro de energía:

Esta parte se puede dividir en dos:

- Transmisión discontinua (DTX)
- Recepción discontinua (DRX)

Transmisión discontinua (DTX):

El objetivo de esta principalmente es ahorrar recursos en la MS, es decir únicamente transmitirá al momento de realizar una llamada y detectar la voz.

Cuando no se detecte esta el transmisor se sintonizará en estado OFF.

Cuando la MS detecta voz durante la conversación , esta envía una señal indicando que se termine el estado de OFF para el TCH, a esto se le llama estado "PRE". Cuando detecta que se termino de enviar voz desde la S entonces se coloca en un estado de OFF, a esto se le llama "Post".

La MS transmite la señal de "Post" para evitar ruido en la transmisión.

Recepción discontinua (DRX):

Esta es usada para ahorrar energía en los elementos como BSC, MSC y principalmente en la BTS. Esto debido a que cuando una MS no esta en funcionamiento no conviene enviarle recursos de llamada.

Esto SE logra debido a que durante el Paging, se localiza que estaciones móviles están funcionando, y aquellas que no se ponen en un estado de "Sep" por así llamarlo. Este estado de "Sleep" es únicamente enviar a nuestra MS que no están activas a una estructura de sub-canales de control, los cuales tiene características diferentes a los canales de control, la principal diferencia radica en el envío de potencia que estos tienen, ya que en estos sub-canales se ocupa solo 1/3 parte de potencia que en los canales normales.

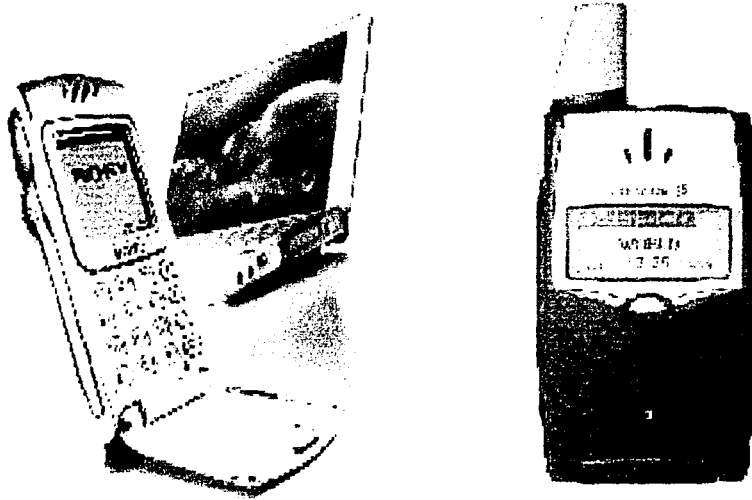


Figura IV. 12 Ejemplos de teléfonos móviles del tipo GSM

IV.4.5 Módulo de Identificación de suscriptor (SIM)

Una SIM card es una tarjeta que caracteriza al estándar GSM ya que proporciona gran seguridad tanto para el usuario como para el sistema. Una SIM contiene información del suscriptor para así habilitarlo o no a tener uso a la red GSM.

Con excepción de las llamadas de emergencia, la MS solo puede ser operada si la SIM está presente.

LA tarjeta SIM guarda tres tipos de información relacionada con el suscriptor:

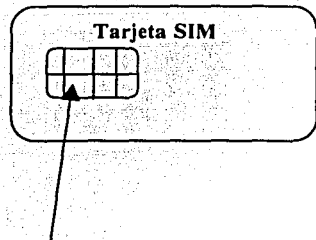
- Datos fijos antes de que la suscripción sea vendida. Por ejemplo: IMSI, código de autenticación y logaritmos de seguridad.
- Datos temporales de la red: Por ejemplo: El área de localización del usuario y las PLMN's a las que no tiene acceso.
- Datos de servicio: Por ejemplo : el lenguaje el que desea manejar, avisos de cargos.

Tipos de Tarjeta SIM:

Existen 2 tipos de tarjeta Sim. Estas son la "ID SIM" y la "Pulg-in SIM". La lógica y la eléctrica interfase son identificados por ambos tipos de SIM.

ID-1 SIM:

El formato estándar hecho por ISO es el de un circuito integrado llamado IC card.



IC (Circuito Integrado Identificador de SIM)

Figura IV.13 Tarjeta SIM

Plug-in SIM

El Plug-in SIM es más pequeño en comparación con la ID-1SIM. Esto es debido a la semipermanente instalación en la estación móvil.

Características de Seguridad:

GSM definió un número de características de seguridad para poder soportar las tarjetas SIM, estas son:

- Algoritmo de autenticación, A3
- Código de Autenticación de suscriptor, Ki
- Algoritmo generador de codificación, A8
- Código de encriptación, Kc
- Control de acceso de base de datos y funciones transformadas en la SIM.

IV.4.6 Información requerida almacenadas en la SIM card

Una Tarjeta SIM contiene información para la operación de la Red GSM. Esta información puede ser relacionada con el suscriptor, los servicios en la Red GSM , etc.

Los datos requeridos por una SIM esta dividida en dos categorías: Obligatorias y opcionales.

Datos Obligatorios:

Una tarjeta SIM tiene la suficiente capacidad par almacenar los siguientes datos:

- Información administrativa: Describe el modo de operación de la tarjeta SIM
- IC(identificación de tarjeta) :Única información de identificación de la tarjeta y la salida de la tarjeta.
- Tabla de servicio de la tarjeta SIM: Indica cuales servicios adicionales son proveidos por la Tarjeta SIM(por ejemplo: el último número llamado, tiempo de duración de una llamada, etc)
- Identificación de Suscriptor Móvil Internacional (IMSI) :Esto es un número de identificación utilizado por la red para identificar al suscriptor.
- Información de Localización: periódicamente evalúa la localización en la que se dio de alta al suscriptor y si no indica en que área esta en ese momento, al igual que su estatus.
- Código de encriptación y código de secuencia de números.
- Lista de proveedores de servicio y las frecuencias en las que trabajan.
- Lenguaje de preferencia del usuario.

La información de localización , Kc y Número de secuencia Kc pueden ser dados de alta en cada finalización de llamada.

Datos Opcionales:

Los siguientes datos pueden ser o no almacenados en la Tarjeta SIM de acuerdo con las normas de seguridad que se tengan en cada región:

- Número de Identificación personal(SIM)
- Código de autenticación del usuario (Ki)

Bloqueo y Desbloqueo de la tarjeta SIM

Algunas veces por protección del sistema o por errores del usuario , la tarjeta SIM es bloqueada y se tienen dos procedimientos para desbloquearla:

Al primero se le llama PUK(Código de desbloqueo de Pin), es un número de 8 dígitos que se le teclean en la Estación Móvil para tratar de desbloquearlo. El usuario tiene 10 intentos posibles para tratar de desbloquearlo. En caso de que el suscriptor no lo logre tendrá que ir al siguiente paso.

El siguiente paso consiste en llevar su estación móvil con el operador de red para que así se sepa por que se debió la falla.

IV.5 Subsistema de Operación y Mantenimiento (OSS)

El OSS (Subsistema de Operación y Mantenimiento) es un elemento de la Red GSM, el cual, como su nombre lo indica, se encarga de operar y mantener la Red GSM operando satisfactoriamente.

La principal ventaja de este subsistema es que esta implementado de manera remoto a cada uno de los elementos de la red.

Este monitoreo es posible debido a que los elementos tales como MSC, BSC, RBS, HLR, etc se encuentran conectados por medio de una interfaz X.25, lo que permite poder manejar a los elementos de la Red por medio de comandos.

La principal ventaja que se tienen con este método de operación y mantenimiento de la Red es:

- La reducción de costos en la operación y mantenimiento de la Red GSM. Esto debido a que se tienen solo al personal necesario en un solo sitio que puede monitorear y reparar casi cualquier falla que se tenga.

La manera de trabajar en este subsistema es el que se enumera a continuación:

- 1.- Todos los elementos de la Red (HLR,BSC,MSC,BTS, etc)se interconectan con el OSS vía una interfaz x.25.
- 2.- Existirá un lugar físico nombrado NOC(Centro de Operación y Mantenimiento) en el cual se estará monitoreando a estos elementos de la red.
- 3.-En caso de alguna falla el suscriptor podrá hacerla llegar por medio de Customer Care (Atención a Clientes) el cual atenderá sus quejas y las hará pasar al NOC, para que estas sean atendidas de inmediato.
- 4.-El personal que trabaja en el NOC tendrá a su cargo y dividido por regiones o por elementos de red la responsabilidad de monitorear estos elementos y darles solución inmediatamente.
- 5.-En caso de que se halla detectado que alguna falla física que se tenga que arreglar en el campo entonces el personal del NOC lo hará saber por medio de un reporte para que este sea atendido inmediatamente al personal de campo.
- 6.-Otra de las ventajas de tener un Centro de Operación y Mantenimiento de la Red es que, también tienen la posibilidad de realizar algunas modificaciones en la red, por ejemplo: si se requiere que alguna celda tenga una potencia de salida mayor a la que se tiene, esto lo pueden realizar los operadores de la red, por lo tanto ahorraremos tiempo y dinero , ya que no tendremos que enviar a personal al lugar físico para que realice estos cambios en la radio base.

IV.5.1. Centro de administración de red (NMC) y Centro de Operación y Mantenimiento de Red (OMC)

Como ya se dijo anteriormente la red GSM se encuentra monitoreada por un elemento llamado NOC que a su vez se encuentra dividido en 2:

- 1.-NMC Centro de administración de red
- 2.-OMC Centro de Operación y Mantenimiento de Red

NMC

NMC (Centro de Administración de Red) se encarga de la administración de todas las terminales que atienden a la red GSM. Es decir, solo administran a la red internamente, pero ellos no atienden los problemas de la red GSM.

OMC

OMC como ya se dijo estará monitoreando todos los elementos de la red GSM, para así darle solución inmediata.

A continuación se muestra la figura de cómo está constituido el NOC:

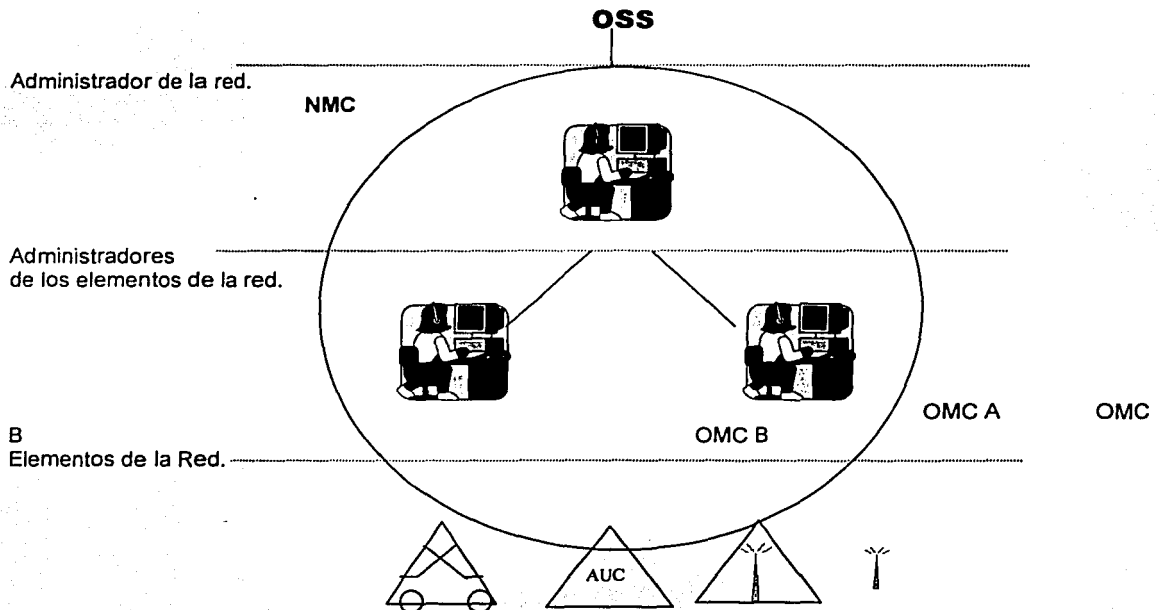


Figura IV. 14 NMC y OMC

TRISIS CON
BALLA DE ORIGEN

IV.5.2 Aplicaciones del Subsistema de Operación y Mantenimiento (OSS)

Las aplicaciones principales que maneja el OSS son las que se muestran en la siguiente figura:

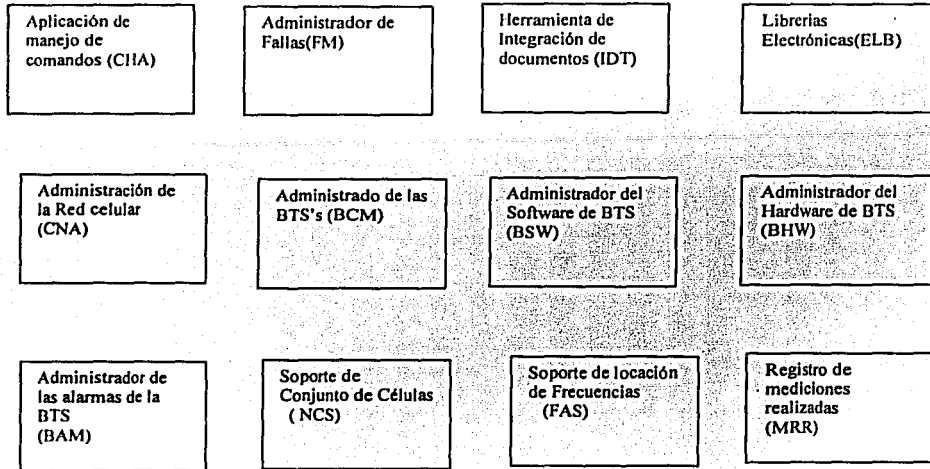


Figura IV. 15 Subsistemas del OSS

CHA (Aplicación del manejo de los comandos):

Esta es una aplicación la cual es utilizada para hacer todos los movimientos en la Red GSM. Estos movimientos están relacionados con la operación y el mantenimiento de la red, es decir que si por ejemplo se requiere que la cierto sector tenga un poco más de cobertura, entonces se hará los cambios necesarios en el NOC únicamente tecleando algunos comando en el CHA.

Administrador de Fallas (FM)

Este es manejado por medio del CHA, el cual se explico anteriormente, sirve como un sistema de administración el cual nos despliega todas las fallas que ocurren en algún elemento de la Red GSM y con la ayuda del CHA podemos darle solución .

Esta Dividido en dos :

- Alarm Viewer
- Alarm Status Viewer

El usuario puede ver las alarmas con el Alarm Viewer el cual consiste de tres aplicaciones: Alarm List Viewer, Alarm Log Browser y el Alarm Status Matriz.

Con el Alarm List Viewer, el usuario puede ver detalles del estado de las alarmas y también como manejar estas.

Con el Alarm Log Browser el usuario puede ver que procedimiento se debe de seguir para la reparación de la alarma.

Con el Alarm Status Matrix el usuario tiene la posibilidad de ver varios elementos de la red de manera simultanea.

El Alarm Viewer y el Alarm Status Viewer pueden ser utilizados únicamente en una estación de trabajo bajo plataforma Windows NT y en plataforma Unix.

Librerías Electrónicas (ELB)

Estas ,como muchas otras que ya existen, son librerías que se encuentran en línea directa por medio de Internet o también existen aquellas que ya están previamente cargadas en el disco duro de nuestra estación de trabajo.

La función principal de estas son el de proveer información sobre los elementos de la Red GSM, sus principales fallas y sus procedimientos a seguir en caso de ser necesario.

Otra de las ventajas de estas librerías es que contienen todos los comandos que maneja cada elemento de la red GSM y su síntesis, nos indica para que sirve y su correcta redacción

Administración de la Red Celular (CNA)

La CNA es una aplicación en el OSS que es usado para:

- Planear y operar una parte de la red GSM.
- Planear los futuros cambios en la Red .
- Incrementar nuevas celdas o parámetros en la Red.

CNA es una de las herramientas más poderosas en las aplicaciones del OSS. Este registra nuevas celdas y mantiene los parámetros de las celdas de una manera eficiente.

El CNA provee las herramientas suficientes como para manejar aproximadamente 200 parámetros por celda. Algunos de estos parámetros identifica a la celda y controla el comportamiento de esta.

El CNA se divide en las siguientes partes:

- La Valid Área representa a la red de manera general. Esto es, que se carga con la información principal acerca de los parámetros de las celdas en la Red.
- La Planned Área representa los cambios planeados en la Red GSM. Esta planeación es usada fuera de línea. Se hacen las pruebas pertinentes para que cuando se llegue el momento de implementar estos cambios en la Red GSM no sufra daño alguno. Esto es lo que se pretende pero en la practica de cualquier forma se debe de realizar ciertos movimientos.

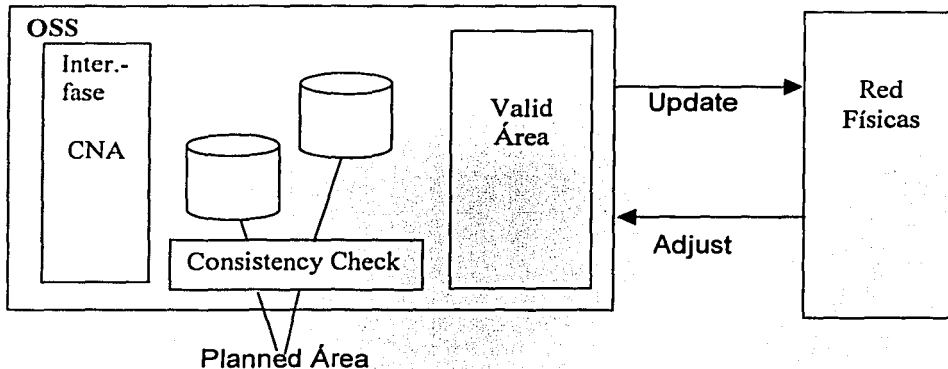


Figura IV.17 OSS

El Consistency Check evalúa automáticamente si los cambios realizados en la Red GSM fueron realizados correctamente, esto lo logra debido a que ya tiene ciertos intervalos previamente definidos. El Consistency check puede constatar los cambios realizados en:

- Nivel de area(Valid Area o Planned Area)
- MSC
- BSC
- Celdas

El Consistency check reporta las advertencias generadas. También el Consistency check se le pueden variar los parámetros que tiene previamente establecidos.

Familia de Administradores de BTS.

La familia de Administradores de BTS son las aplicaciones que se realizan a diario por el operador de la red.

La familia de Administradores de BTS son los siguientes:

- BCM: Configuración de las BTS's
- BSW: Administración del Software de las BTS's
- BHW: Administrador del Hardware de las BTS's
- BAM: Administrador de las alarmas generadas en las BTS's.

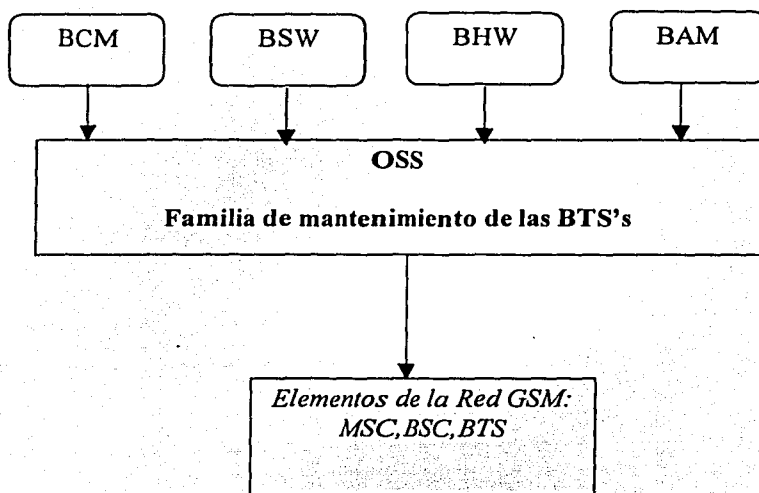


Figura IV. 18 Familia de administradores

BCM (Administrador de Configuración de BTS):

Su aplicación principal es para que el operador pueda manejar la configuración de las BTS's. Esto es que pueda cambiar o dar de alta nuevos parámetros en las BTS's que le correspondan.

BHW(Administrador de Hardware de las BTS's):

El BHW es una aplicación el cual ayuda al operador a que sepa que hardware se instaló en la BTS.

Esta aplicación hace que al operador se le facilite el trabajo ya que puede ver los números de serie y la posición física al cual se instaló el hardware y así en caso de desear cambiar alguna unidad o tarjeta sea más sencillo.

BAM(Administrador de Alarmas en las BTS's):

Esta aplicación provee al operador la funcionalidad de definir que tipo de alarmas desea recibir. Esto se logra por medio de filtros pero estos filtros en algunos casos no se respetan debido a la severidad de las alarmas, es decir, que si se recibe un tipo de alarma de suma importancia en el sistema, tendrá que dejarlo disponible para darle solución inmediatamente.

También el BAM provee al usuario diferentes procesos para buscar las fallas y así poder interpretar las fallas y la información del estado en las BTS's.

BSW(Administrador de Software de BTS):

La aplicación BSW contiene funciones para manejar el software de las Funciones Centrales(CF) o del Tranceiver (TRX). Esto incluye funciones para mostrar las revisiones del estado de los CF/TRX, para copiar el software de CF/TRX en la base de datos del OSS y así poder cargar ese mismo software en nuevas BTS que se instalen en un futuro.

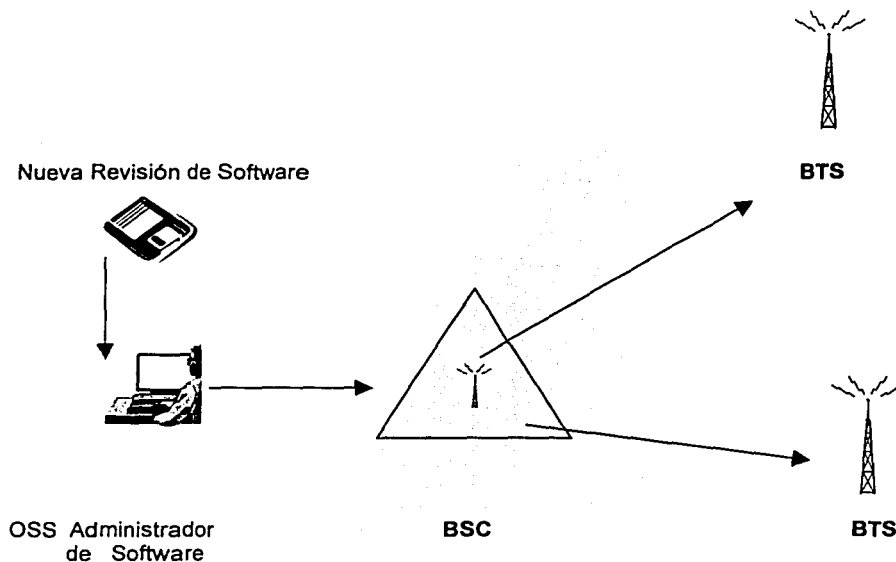


Figura IV.19 Administración del Software de BTS.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IV.5.3. Service Order Gateway (SOG) y Billing Gateway (BGW)

Funciones del SOG:

Un operador de Red requiere un buen sistema administrativo para analizar y manejar la información de cada uno de los suscriptores. De estas la más importante para cualquier empresa es la información de tasación. También es necesario tener este sistema confiable para evitar los fraudes.

Un sistema de administración de alguna red es comúnmente llamado CAS. Esta aplicación hace que los sistemas que son inflexibles y difíciles de manejar se adapten a las necesidades de cada operador de red.

En pocas palabras el SOG se encarga de recaudar todos los datos del suscriptor, así como de almacenar los datos de tasación de cada uno de los usuarios de la red.

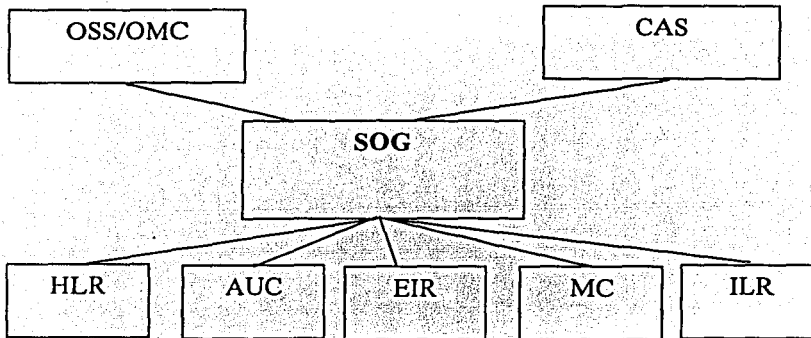


Figura IV.20 SOG

El sistema se basa en una plataforma Unix, esta contiene un ambiente amigable al operador.

En caso de que se requiera un mantenimiento del SOG este también esta conectado al OSS por medio de una interfaz X.25 .

Billing Gateway (BGW)

Funciones del BGW:

Un Centro de Tasación almacena toda la información del costo de cada una de las llamadas que realiza un suscriptor o también se le denomina Registro de Datos de Llamadas (CDR). Esta información del CDR se procesa para que así se le pueda entregar el costo de sus llamadas a cada usuario.

En la figura que se muestra a continuación se indica como un BGW es manejado por cada administración de cada operador de red, es decir, que si a un operador le corresponde hacer el cobro por algún servicio que no requiera cobro por Roaming, lo efectuara, pero si este no le corresponde realizarlo a el lo dejara pasar, para que efectué el cobro el operador que le corresponda su parte por el Roaming. Pero esto solo lo indicara al operador de red, y así le llegara su mismo recibo pero con el cobro necesario al cliente.

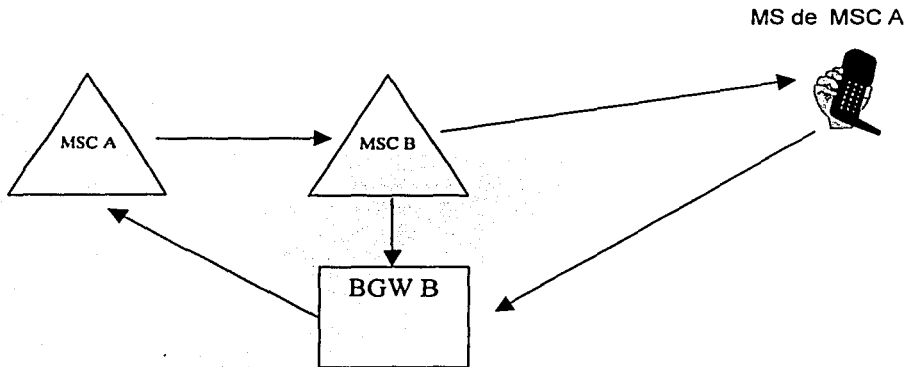


Figura IV.21 Información de tasación.

Este sistema al igual que el SOG se podrán interconectar con el OSS para labores de mantenimiento. De igual forma esta manejado bajo un ambiente Unix.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO V

“CASOS DE TRÁFICO EN LA RED GSM”

V.1 Uso de las identidades dentro de la Red GSM

Las identidades son números que la Red GSM usa para localizar a algún suscriptor móvil cuando se quiere(o cuando esta en proceso) alguna llamada de algún otro suscriptor ya sea de alguna red de telefonía fija o móvil.

Como la Red confía en esas identidades para enrutar las llamadas al suscriptor , es importante que cada una de ellas sea única y correcta.

El Plan de Numeración es usado para identificar diferentes redes que ya han sido especificadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones(ITU) . Para un número telefónico en la Red PSTN/ISDN se usa el plan de numeración descrito en la recomendación E.164.

V.1.1 Numero de Identidad de la Estación Móvil ISDN (MSISDN)

El Numero de Identidad de la Estación Móvil ISDN(MSISDN) es el único que identifica a un suscriptor de telefonía móvil en el Plan de numeración de la PSTN. Este es el número marcado cuando llaman a un suscriptor móvil.

Como el MSISDN es el número del suscriptor móvil este será el único de el cual el suscriptor este enterado. Esto es por seguridad del sistema, además de que el propio suscriptor no necesita tener conocimiento de los demás números de identidad.

El MSISDN consiste de las siguientes partes:

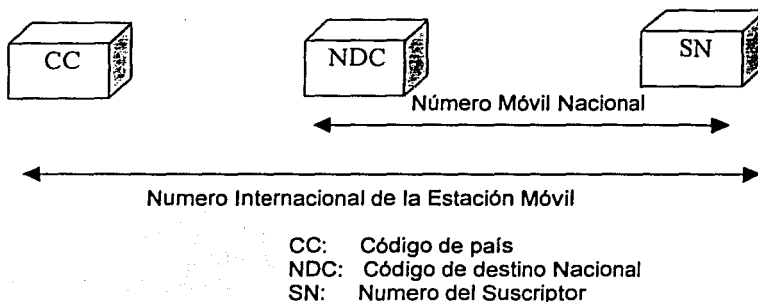


Figura V.1 MSISDN

TESIS CON
 SELLA DE ORIGEN

Una NDC es dada de alta para cada PLMN. Por ejemplo, en Irlanda la NDC es 086 y 087 , ya que indica la PLMN de dos diferentes operadores de red. En algunos países mas de un NDC

son requeridos para cada PLMN . El MSISDN puede tener una longitud variable. El máximo es de 15 dígitos, sin incluir los prefijos. En Alemania los números que se marcan son los siguientes:

Prefijo Internacional en Alemania	CC	NDC	SN
00	353	87	1234567

Figura V.2 Ejemplo de MSISDN

V.1.2 Identidad Internacional del Suscriptor Móvil (IMSI)

La Identidad Internacional de Suscriptor Móvil (IMSI) es la única identidad definida para cada suscriptor que facilita la correcta identificación del suscriptor .Esta identidad es una de las más importantes ya que nos define la información del suscriptor y es almacenada en una tarjeta llamada SIM.

Este número también es almacenado en el HLR y en caso de ser requerido, por el VLR lo pide al HLR. Este número al igual que el MSISDN , es único para cada suscriptor, la diferencia es que este número únicamente lo sabrá el sistema.

Otra ventaja de utilizar la tarjeta SSIM , la cual contiene el número IMSI, es que podemos colocarla en cualquier otro teléfono aun si no es nuestro, pero el cobro del servicio no se hará al dueño del teléfono , si no al dueño de la tarjeta SIM.

El número IMSI está compuesto por tres diferentes partes, y no deberá de tener un máximo de 15 dígitos:

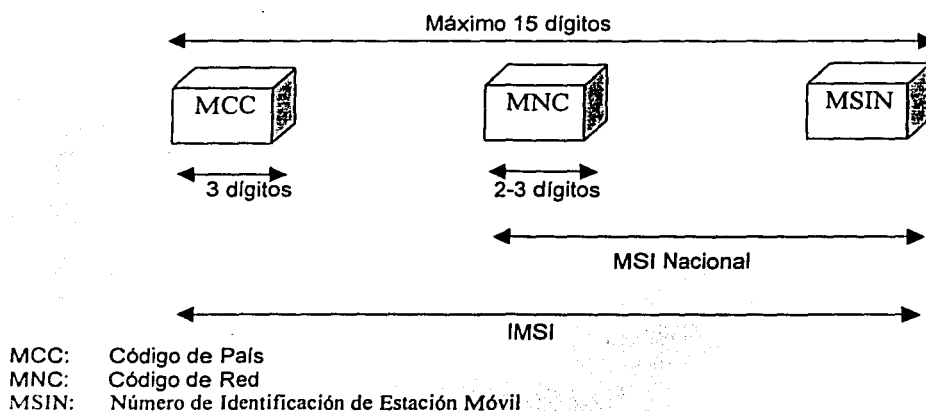


Figura V.3 IMSI

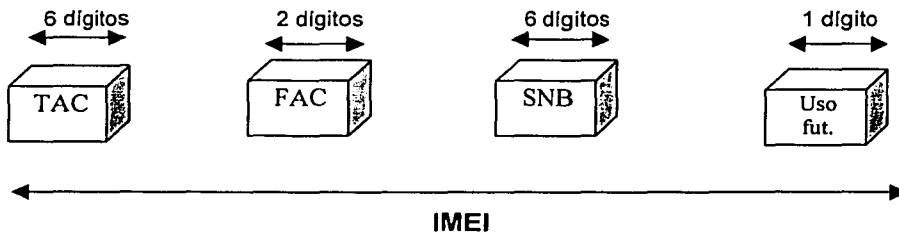
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Existe una identidad llamada Identidad del Suscriptor Móvil Temporal (TMSI) la cual es una identidad temporal del número IMSI. Esto es usado para proteger la identidad IMSI en al interfase de aire. El TMSI tiene significado local, es decir solamente actúa en el Área de la MSC/VLR y es cambiada a cierto intervalo de tiempo. Cada operador puede escoger la estructura del TMSI, pero no debe de consistir en no más de 8 dígitos.

V.1.3 Identidad Internacional del Equipo móvil (IMEI)

La Identidad Internacional de Equipo Móvil es usada únicamente para identificar el equipo de MS para la Red. El IMEI es usado para procesos de seguridad, como en caso de robo, y para prevenir accesos no autorizados a la Red.

De acuerdo con las especificaciones GSM, la identidad IMEI tiene un total de 15 dígitos y consiste d las siguientes partes:



- TAC: Código de Tipo de Aprobación, determinado por una central GSM.
 FAC: Código de Asamblea Final, identifica la manufactura
 SNR: Número Serial, un número serial individual de 6 dígitos
 Uso Fut: Este Dígito se reservo para uso futuro. Cuando transmita la MS este dígito deberá de ser 0.

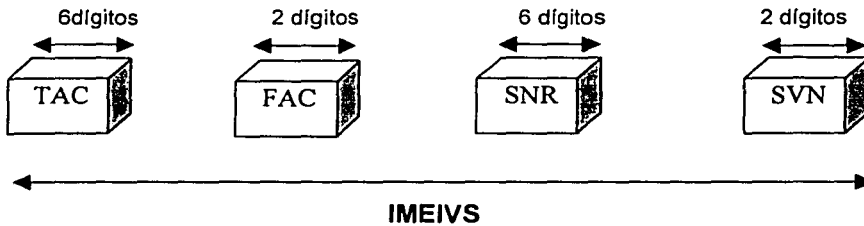
Figura V.4 IMEI

V.1.4 Identidad de Versión de Software en la Estación Móvil (IMEISV)

La Identidad de Versión de Software en la Estación Móvil (IMEISV) provee una única identidad por cada MS y también se refiere a que tipo de Software está instalado en cada MS. La versión del Software es importante ya que puede afectar a los servicios ofrecidos por el operador de red o para la capacidad de codificación de la voz.

Por ejemplo, la Red GSM necesita saber que tipo de capacidad de codificación de la voz tiene la MS cuando una llamada fue realizada (por ejemplo half rate/full rate, etc). Esto va a estar indicado en el IMEISV.

El IMEISV consiste de las siguientes partes:



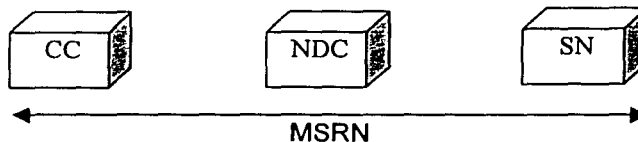
SVN: Numero de Versión de Software, muestra la manufactura de equipo para identificar a las diferentes identidades de versión de software que nos entrega cada tipo de móvil aceptado.

Figura V.5 IMEISV

V.1.5 Identidad de un Número Roaming de una MS (MSRN)

La Identidad de un Número Roaming de una MS (MRSN) es una identidad de red temporal que se asigna durante el establecimiento de una llamada a un número Roaming.

El MSRN consiste de las siguientes partes:



Nota: En este caso, SN es la dirección de servicio de la MSC.

SN= Nodo de Servicio actual de la MS.

Figura V.6 MSRN

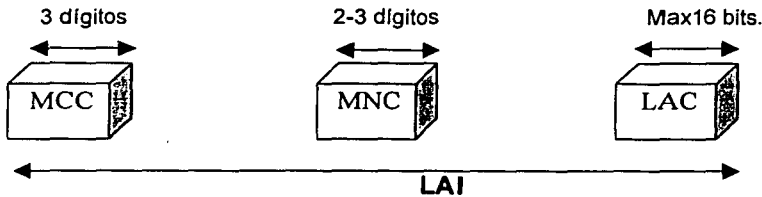
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

V.1.6 Identidad de Area de Localización (LAI)

La Identidad de Area de Localización (LAI) es una identidad temporal de la Red GSM , quien es requerida para el ruteo. Los dos principales propósitos de la LAI son:

- 1.-Paging, el cual es usado para informar en que Area de Localización se encuentra situada la MS.
- 2.- Datos de Localización de un Suscriptor móvil.

La LAI contiene los siguientes:



LAC: Código de Area de Localización, la máxima longitud de LAC es de 16 bits, teniendo 65 536 diferentes áreas de localización para definir en una PLMN.

Figura V.7 LAI

V.1.7 Identidad de Celdas Individuales en un Area de localización(CGI)

La Identidad de Celdas Individuales en un Area de Localización (CGI) es usada para identificar individualmente a cada una de las celdas dentro de cierta área de localización. La identificación de la celda es archivada como CI . El CI tiene un máximo de longitud de 16 bits.

El CGI consiste en:

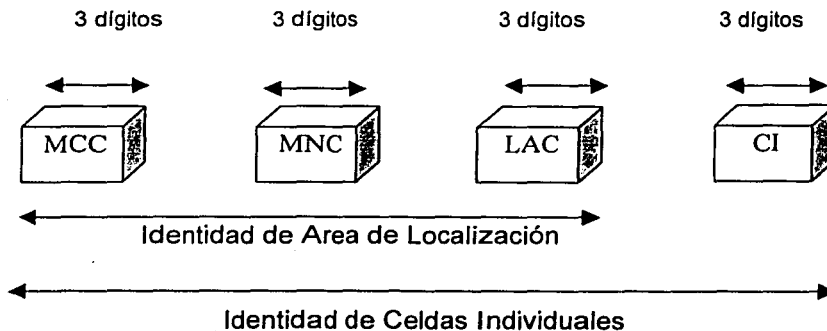
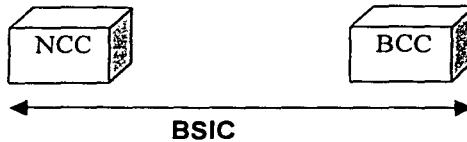


Figura V.8 CGI

V.1.8 Identidad de celdas con misma frecuencia pero con diferente Radio base (BSIC)

La Identidad de Celdas con la misma Frecuencia pero transmitida por diferente Radiobase (BSIC) permite a la MS a distinguir entre diferentes Radiobases que transmiten a la misma frecuencia.

El BSIC consiste de:



NCC: Código de Color de la Red (3bits), identifica la PLMN. Es decir que nos identifica al operador de la red.

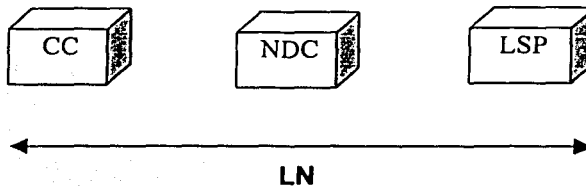
BCC: Código de Color de la Estación Base(3bits), ayuda a la Estación Base a distinguir entre RBS que usan la misma frecuencia.

Figura V.9 BSIC

V.1.9 Identidad de área geográfica (LN)

La Identidad de Area geográfica (LN) es un número relacionado a cierta área geográfica con la cual el operador de la red identifica la localización de sus celdas, áreas de localización, o Area MSC/VLR .

La LN consiste en:



LSP: Parte Local Significativa

Figura V.10 LN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A continuación se hace una breve descripción de las Identidades de la Red GSM:

MSISDN:

Identifica a un teléfono móvil en la Red PSTN.

IMSI:

Único para cada suscriptor, facilita la identificación del suscriptor sobre la vía de radio en la red.

IMEI:

Identifica al equipo MS usando un procedimiento de seguridad(equipo robados, previene accesos no autorizados en la red)

IMEIVS:

Además de identificar MS , identifica la versión del software cargado en la MS.

MSRN:

Es una identidad de la red temporal la cual es asignada durante el establecimiento de una llamada a un suscriptor Roaming.

CGI:

Identifica celdas individuales en una LA.

BSIC:

Identifica celdas con la misma frecuencia pero de diferente RBS.

LN:

Indica el área de localización.

RSZI:

Define zonas o regiones en suscripciones regionales.

V.2 Casos de tráfico.

A continuación se mostrarán algunos de los casos de tráfico mas comunes y los canales de control que se utilizan para cada caso en específico.

V.2.1 Estación móvil en modo activo.

Una MS se encuentra en modo activo cuando se está realizando una llamada (esta puede ser de voz, fax, o datos) o un intento de conexión de llamada.

Los diferentes tipos de procedimientos de llamadas en modo activo son:

- Llamada desde una MS(voz, datos, fax)
- Llamada hacia una MS(voz, datos fax, cell broadcast)
- Handover-intra BSC.
- Handover-inter-BSC, intra-MSC.
- Handover-inter-MSC.

V.2.1.1 Llamada desde una estación móvil.

En esta parte se describe que pasa cuando un suscriptor móvil quiere establecer una llamada de voz hacia la red PSTN.

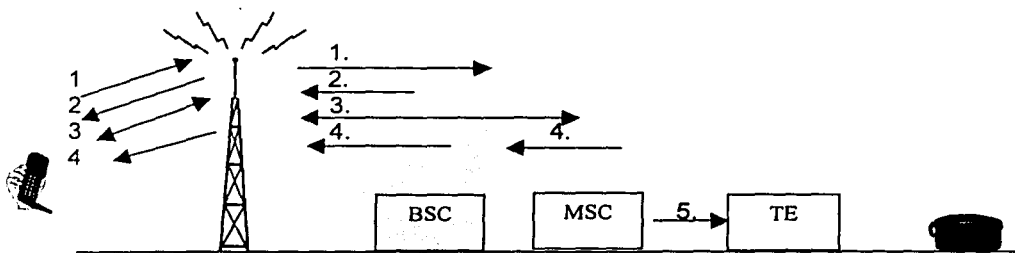


Figura V.11 Llamada desde una estación móvil

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- 1.- La MS usa RACH para pedir un canal de señalización.
- 2.-La BSC/TRC asigna un canal de señalización usando AGCH.
- 3.-La MS envía una requisición de establecimiento de llamada vía SDCCH a la MSC/VLR. Sobre el canal SDCCH, toda la señalización que precede al establecimiento de una llamada toma lugar. Esto incluye:
 - Indicar que la MS se encuentra activa en el VLR.
 - Procedimiento de autenticación
 - Comienzo de codificación
 - Identificación del equipo
 - Envío el numero del suscriptor B a la Red
 - Checar si el suscriptor tiene algunos de los servicios suplementarios activado.
- 4.-La MSC/VLR da instrucciones a la BSC/TRC a asignar un canal de tráfico en modo libre TCH. La RBS y la MS se les dice a que frecuencia se sintonizo el TCH.
- 5.-La MSC/VLR envía el número de B a un switch en la Red PSTN, con el cual desea establecer la conexión el suscriptor.
- 6.-Si el suscriptor B contesta , entonces la conexión es establecida.

V.2.1.2 Llamada hacia una estación móvil.

La mayor diferencia entre una llamada a una MS y una llamada desde una MS es que en una llamada a una MS la localización exacta de l suscriptor móvil es conocida. Sin embargo ,la MS puede ser localizada usando el Paging antes de que la conexión sea establecida.

Una llamada hacia una MS funciona de la misma manera, la única diferencia radica en que el GMSC es contactado por otro MSC/VLR insertado por el nodo PSTN.

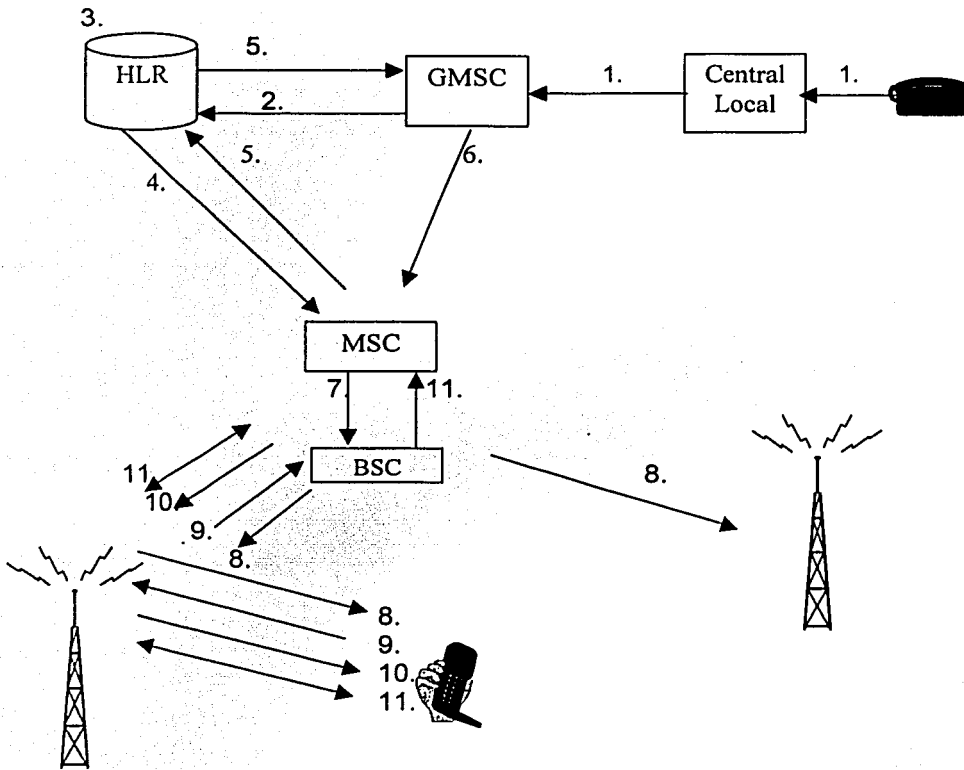


Figura V.12 Llamada a una MS desde una PSTN

- 1.-El suscriptor PSTN marca el número de la MS(MSISDN). El MSISDN es analizado en la PSTN, este identifica que se trata de una llamada a un suscriptor de la Red Móvil. La conexión es establecida con el GMSC al que esta dado de alta la MS.
- 2.-El GMSC analiza el MSISDN para encontrar a que HLR la MS esta dada de alta, y pide información acerca de que ruta debe de seguir para contactar al MSC/VLR donde se encuentra el suscriptor móvil.
- 3.-El HLR transforma el MSISDN en IMSI, y determina en que MSC/VLR esta alojada la MS.
- 4.-El HLR responde con MSRN desde el MSC/VLR en el que se encuentra la MS.
- 5.-El MSC/VLR regresa el MSRN vía HLR al GMSC.
- 6.-El GMSC analiza el MSRN y enruta la llamada al MSC/VLR donde se encontró la MS.
- 7.-La MSC/VLR sabe en que LA la MS esta alojada. Un mensaje de Paging es enviado al controlador de LA de la BSC.
- 8.-La BSC distribuye el mensaje de paging a las RBS's en el LA. Las RBS's transmiten el mensaje por la interfase de aire usando PCH.
- 9.-Cuando la MS detecta el mensaje de Paging, esta envía una respuesta en RACH para un SDCCH.
- 10.-La BSC provee de un SDCCH usando AGCH.
- 11.-SDCCH es usado para el establecimiento de la llamada. Sobre el SDCCH toda la señalización requerida para una llamada toma lugar. Esto incluye:
 - Marcación de la MS como activa en el VLR.
 - El procedimiento de autenticación
 - Comienzo de codificación
 - Identificación del equipo
- 12.-La MSC/VLR da instrucciones a la BSC/TRC a asignar un canal de tráfico en modo libre TCH. La RBS y la MS se les dice a que frecuencia se sintonizo el TCH. La MS comienza a sonar. Si el suscriptor contesta la comunicación es establecida.

V.2.1.3 Handover-intra BSC.

Se dice que es un handover cuando se esta estableciendo una llamada y se cambia de celda. Para establecer cual es la mejor celda la MS y la RBS realizan mediciones. Debido a que la MS contribuye a la decisión de Handover, este tipo es también llamado Asistente Móvil de Handover(MAHO).

Se dice que es un Handover-intra BSC cuando se realiza un handover entre dos celdas controladas por una misma BSC y además , el MSC/VLR no se encuentra involucrado.

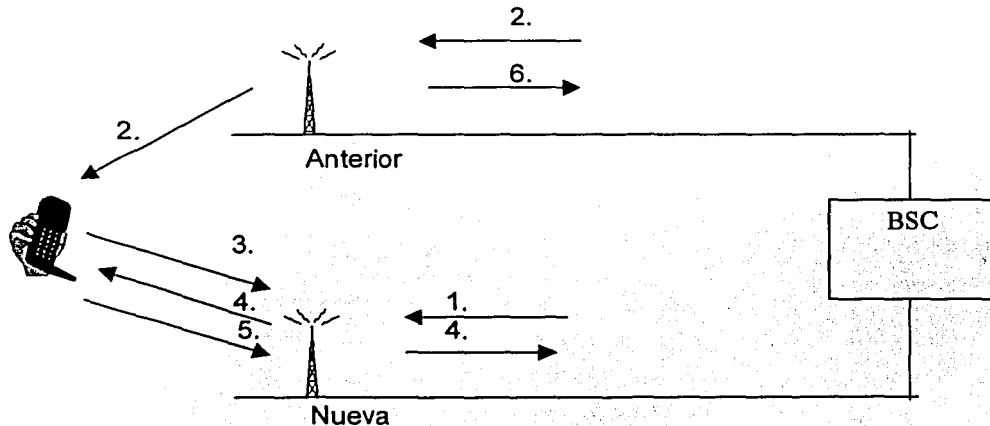


Figura V.13 Handover :celdas controladas por la misma BSC

Estos son los pasos que sigue:

- 1.- La BSC ordena a la nueva RBS a activar un TCH.
- 2.-La BSC envía un mensaje a la MS, por medio de la RBS anterior, este mensaje contiene información acerca de la frecuencia y del time slot a cambiar y también la potencia que tendrá que usar. Esta información es enviada a la MS usando FACCH.
- 3.-La MS sintoniza la nueva frecuencia, y transmite el handover access bursts en el time slot correcto.
- 4.-Cuando la nueva RBS detecta el Burst de handover, esta envía información acerca de TA. Esta es también enviada a través del FACCH.
- 5.-La MS envía un Mensaje de Handover completo a la BSC a través de la nueva RBS.
- 6.-La BSC indica a la RBS anterior que libere el TCH que estaba utilizando la MS.

V.2.1.4 Handover-Inter BSC, intra-MSC.

Se dice que es un Handover Intra -BSC, intra MSC cuando el Handover que se requiere hacer es entre diferentes BSC's pero que están controladas por la misma MSC.

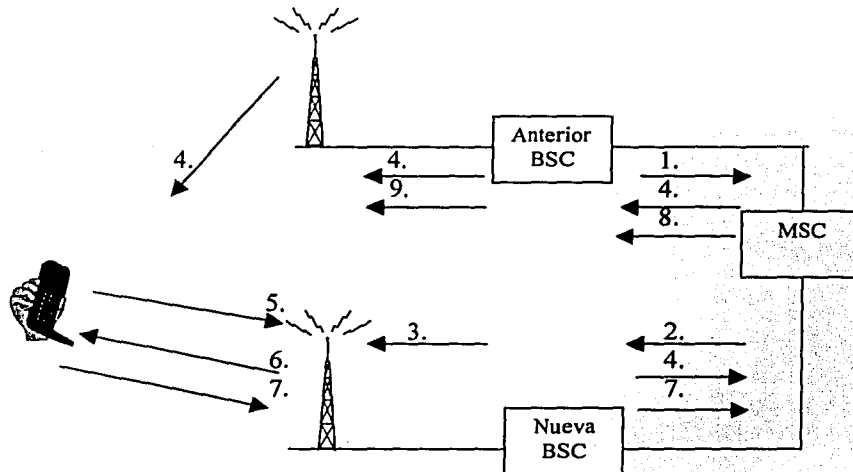


Figura V.14 Handover : diferente BSC pero mismo MSC

Los pasos que siguen son los siguientes:

- 1.-La BSC que estaba controlando la celda en la que estaba alojada la MS envía un mensaje de requerimiento de Handover a la MSC conteniendo la identidad de ella.
- 2.-La MSC sabe cual BSC controla esta célula y envía una respuesta de handover a esta BSC.
- 3.-La nueva BSC ordena a la RBS donde se encuentra el MS a activar un TCH.
- 4.-La nueva BSC envía un mensaje a la MS por medio de la MSC y por la RBS que tenía controlada la MS.
- 5.-La MS sintoniza la nueva frecuencia y transmite un handover access burst en el time slot correcto.
- 6.-La nueva RBS envía información acerca de TA.
- 7.-La MS envía un mensaje de Handover completo a la MSC por medio de la nueva BSC.

8.-MSC envía un mensaje a la BSC que tenía controlado anteriormente a la MS para que se libere.

9.-La BSC que controlaba a la MS indica a la RBS anterior a liberar el TCH.

V.2.1.5 Handover-inter-MSC.

Este tipo de Handover se realiza cuando una MS se cambia no solo de RBS, si no también de BSC y de MSC.

El procedimiento que se sigue es el siguiente:

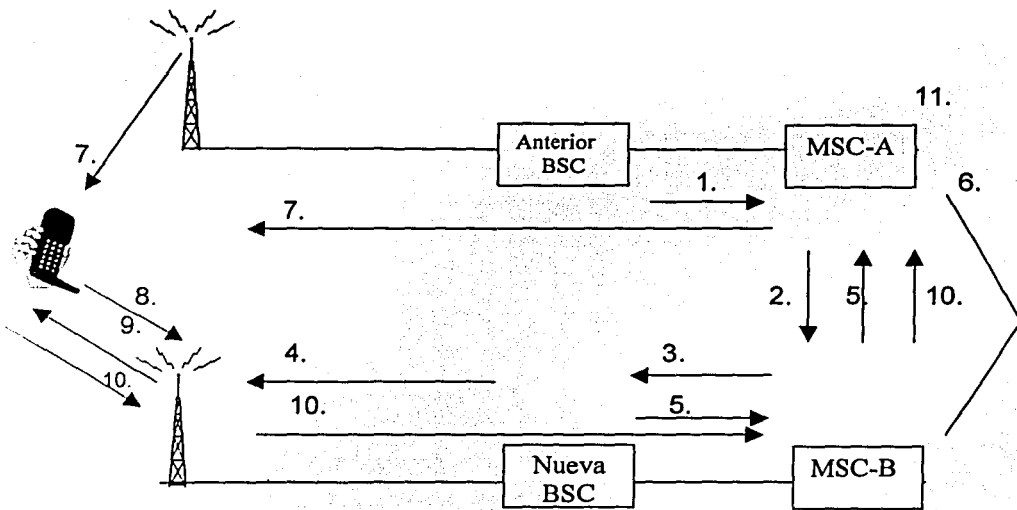


Figura V.15 Celdas controladas por diferentes MSC's

1.- El antiguo servidor BSC envía un mensaje de requerimiento de Handover al la MSC(MSC-A) , con la identidad de la nueva celda.

2.-MCS-A identifica esta celda que pertenece a otra MSC(MSC-B) y pide ayuda.

3.-La MSC-B recibe el numero de handover y re-enruta la llamada . Una respuesta de handover es después enviada a la nueva BSC.

4.-La nueva BSC ordena a la nueva RBS a activar un TCH.

5.-La MSC-B recíbelo información , y pasa esta a la MSC-A junto al número de handover.

- 6.-Un enlace es dado de alta a la MSC-B posiblemente por medio de PSTN.
- 7.-La MSC-A envía un comando de handover a la MS, esto lo realiza por medio de la BSC que estaba utilizando.
- 8.-La MS sintoniza la nueva frecuencia y transmite un handover access burst en el correcto time slot.
- 9.-Cuando la nueva RBS detecta el handover burst este envía información acerca de la TA.
- 10.-La MS envía un mensaje de Handover completo a la anterior MSC por medio de la nueva BSC y el nuevo MSC.
- 11.-Un nuevo enlace en el switch de la MSC es establecido, y la llamada es switchada.
- 12.-El anterior TCH es desactivado por medio de la BSC que controlaba la MS.

V.2.2 Casos de tráfico Internacional.

Una de las principales características de GSM es la posibilidad de lograr un Roaming internacional y manejar casos de tráfico internacional. Esto Solo es posible por medio de un acuerdo internacional entre operadores de diferentes países a través de sus respectivas redes.

Sin embargo se debe de marcar los dos principales casos que existen en tráfico internacional.

V.2.2.1 *Enganche de una IMSI*

Cuando una MS esta en Roaming Internacional ,esto es lo que ocurre:

- 1.-La MS es buscada en toda una banda de frecuencia(por ejemplo GSM 900) Esta búsqueda es para un BCCH. La MS sintoniza al BCCH que tiene la señal más potente y lee la información de este sistema. Esto incluye la identidad del operador de la Red.
- 2.-La MS compara esta identidad de la Red con la de la PLMN cargada en la tarjeta SIM. Esta lista contiene todas las identidades de la red con las que el operador tiene o no acuerdo. Si la red con la que la MS se sintonizó tiene acuerdo con su operador local entonces continua la búsqueda para permitirle el servicio.
- 3.-Si la MS no se le permite el acceso a la Red, pero se tiene identificada a esta, el display indica un mensaje de "llamadas de Emergencia". Si la MS una red permitida, esta sintoniza a esta y envía un mensaje de enganche de IMSI.

4.-El resto de este caso de tráfico es identificar si se puede enganchar con un IMSI normal, pero la única diferencia es que este suscriptor se encuentra en el HLR de otro país.

Cuando una MS esta en Roaming Internacional y una llamada es hecha a esta, el procedimiento usado es identificar a cual Red esta enganchada la MS. La mayor diferencia es que el GMSC y el HLR son usados en la network propia, mientras el MSC esta en otro país.

V.2.2.2 Función del Dropback.

En el siguiente ejemplo se muestran las ventajas y la explicación de cómo funciona el Dropback. Esto esta constituido por dos usuarios:

- El suscriptor A es de Francia y se encuentra localizado en Francia, bajo el control de la MSC-A.
- Suscriptor B es de Suecia y se encuentra activado con el Roaming internacional en Francia, bajo el control de la MSC-A.

1.-El suscripto A llama al suscriptor B. La llamada es enrutada internacionalmente desde Francia hasta Suecia.

2.-La red sueca identifica que B esta bajo el control de la MSC-A en Francia y enruta la llamada de regreso a Francia. El suscriptor esta conectado uno con el otro y continua su llamada.

- Si no se tuviera el Dropback: la llamada se trasladaría hasta la GMSC en Suecia.
- Si se tiene el Dropback: La llamada es swicheada en la misma MSC-A , esto se refleja en que ahorran recursos en la transmisión.

V.2.3 Servicio de mensajes cortos.

El Servicio de Mensajes Cortos(SMS) es un servicio suplementario el cual envía mensajes de texto conteniendo menos de 160 caracteres alfanuméricos los cuales recibe la MS. SMS hace uso de un SMS Center (Centro de servicios de mensajes cortos) el cual actúa como una base de datos y envía estos mensajes que ya se guardaron en esta.

SMS consiste de dos servicios básicos:

- Recibe un SMS una MS: desde una SMS-C a una MS.
- SMS originado por MS : desde la MS hacia una SMS-C.

En los dos casos es necesario que la MS se encuentre en modo libre.

V.2.3.1 Estación móvil genera un mensaje corto

Una MS origina un SMS , este se transfiere al SMS-C.

1.-Una MS establece conexión a la red, como si se tratara de una llamada normal.

2.-Si la autenticación es exitosa, la MS envía un mensaje corto usando SDCCH a la SMS-C a través del MSC. El SMS-C turna este mensaje a su destino. Este puede ser otra MS, un teléfono fijo o una PC.

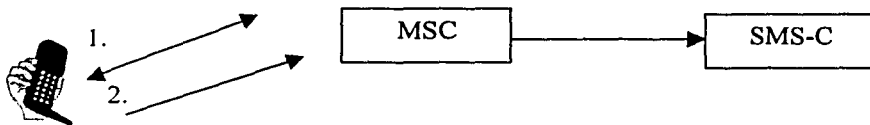


Figura V.16 MS originando un Mensaje Corto

V.2.3.2 Estación móvil recibe un mensaje corto

Un SMS es enviado hacia una MS, este es el proceso que sigue:

- 1.-Un usuario envía un SMS, este se almacena en el SMS-C.
- 2.-El SMS-C envía el mensaje al SMS-GMSC.
- 3.-El SMS-GMSC pide información al HLR para enrutar el mensaje.
- 4.-El HLR regresa la información de la ruta al SMS-GMSC.
- 5.-El SMS-GMSC re-enruta el mensaje al MSC.
- 6.-La MS es buscada y se conecta con la RBS de manera normal como se hace con cualquier llamada.

En caso de que no se establezca contacto con la MS , se le informa a la SMS-C que guarde el mensaje y espere a que el usuario de MS este disponible.

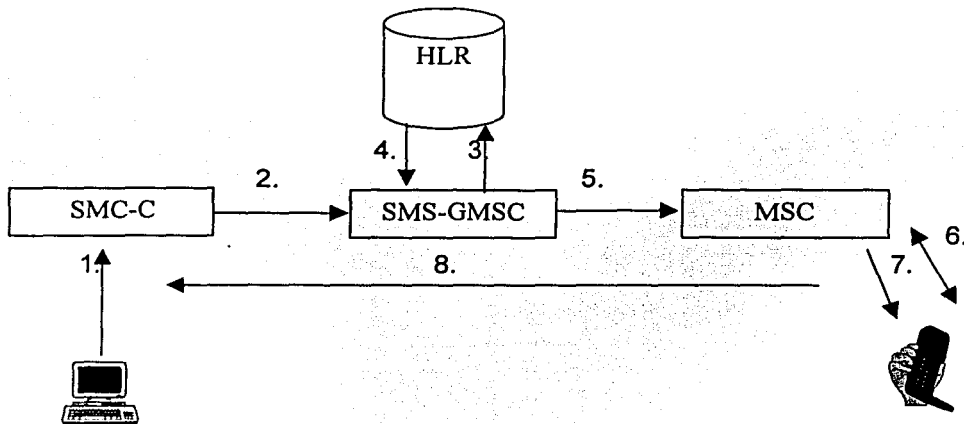


Figura V.17 Móvil terminando un mensaje corto

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CONCLUSIONES

Conclusiones:

En las presentes conclusiones, se hace énfasis en los puntos que consideramos más importantes dentro de cada capítulo, a fin de hacer un resumen general del presente trabajo de tesis.

En el Capítulo I se hace un breve esbozo acerca de las Telecomunicaciones móviles, resaltando el desarrollo de la Red GSM y la historia de esta. En resumen se puede decir lo siguiente:

- GSM significa Sistema Global de Comunicación Móvil (Global System Mobile) y se maneja bajo el Sistema de acceso TDMA lo cual lo hace muy confiable.
- Esta Red inicio como una idea entre los países nórdicos debido a que mucha gente se tenía que desplazar de un país a otro y tenía la necesidad de usar su teléfono móvil pero el hecho de cambiar de país le significaba un costo mayor en su bolsillo. De ahí nace la idea de crear una Red la cual te permita moverte libremente de un país a otro sin necesidad de contar con un cobro de Roaming. El primer sistema que se liberó fue GSM 1800 en el año de 1991 y como su nombre lo indica trabajaba en ese rango de frecuencia.
- Para 1993 Australia es el primer país europeo que inicia con esta red con 1 millón de usuarios y para 1995 tiene 69 países trabajando bajo GSM, con lo cual se llega a la cantidad de 10 millones de usuarios en el mundo.
- Para 1998 se llega a la cantidad de 100 países en el mundo que cuentan con la Red GSM, y con un total de 70 millones de usuarios, para ese año se contaba con un 31% de el total del mercado móvil internacional que trabajaban bajo este estándar.
- Algunos de los países que cuentan con esta red son los siguientes: Canadá, Estados Unidos, Brasil, Chile, Reino Unido, Francia, Alemania, Yugoslavia, Australia, solo por nombrar algunos.
- El sistema se encuentra compuesto por los siguientes elementos:

AUC	Centro de autenticación
BSC	Controlador de Estación Base
BTS	Estación Base de Interfaz
EIR	Equipo identificador de registro
HLR	Registro de localización propia

MS	Estación móvil
MSC	Centro de servicios conmutación móvil
NMC	Centro de operación de red
OMC	Centro de operación y mantenimiento
VLR	Registro de localización de visitantes.

- La estructura Geográfica de la Red móvil GSM se encuentra distribuida de la siguiente forma: Celular, Área de localización , Área de servicio MSC , Area de servicio PLMN (Public Land Mobile Network) y Area de servicio GSM.
- Las bandas de frecuencia que maneja GSM son:900 Mhz, 1800 Mhz y 1900 Mhz.

En el Capitulo II se presenta una introducción a los conceptos básicos utilizados en GSM

- Como frecuencia, velocidad de transmisión, ventajas de usar transmisión digital, etc. Las bandas de frecuencia utilizadas en el en el sistema GSM son 900, 1800 y 1900MHz, y la velocidad de transmisión es de 270Kbps.
- El metodo de modulación utilizado es GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) el cual permite mayor tolerancia a la interferencia para aprovechar un reuso de frecuencia estrecho.
- Capacidad y reuso de frecuencia, el primero se refiere al número de frecuencias que hay por celda, a mayor número mayor capacidad, y el segundo se refiere al volver a asignar una frecuencia ya usada por una celda a otra celda lo suficientemente alejada para que no cause interferencia.
- El concepto de ancho de banda se refiere a la cantidad de espectro de banda asignado para una aplicación, y esto depende directamente del espectro total asignado para todas las aplicaciones, esto afecta directamente a la capacidad de sistema.

Se mencionaron también los conceptos de canal, como: canal, distancia duplex, separación de portadoras.

- Canal es una frecuencia o ajuste de frecuencias posibilitados para enviar y/o transmitir información.
- Distancia duplex se refiere al espacio de espectro libre entre la banda de transmisión y la recepción.

- Separación entre portadoras se refiere al espacio de espectro pero entre dos canales que van en la misma dirección.

Los canales se dividen en canales físico y en canales lógicos:

- Los canales físicos en una trama TDMA son es si cada time slot, y los canales lógicos se le denomina a la información que transporta cada canal físico.
- Los canales lógicos se dividen principalmente en canales de control y de tráfico. Los de tráfico transportan la información de la conversación y los de control permiten que se lleve adecuadamente todo el proceso de la llamada.

El Capitulo III muestra el proceso de Modulación por Codificación de Pulsos, así como los principales problemas de transmisión como la solución a estos. Posteriormente a PCM se procede a lograr compactar la información en el ancho de banda asignado para cada timeslot, por lo que se utiliza el proceso de segmentación y código de voz.

- Segmentación se refiere al proceso de de no transmitir toda la información en si, si no, de enviar información suficiente para poder reproducir la información original.
- La codificación de voz provee 260 bits en vez de 13 bits de la conversión A/D por lo que permite una buena calidad de voz comparable a la de telefonía fija.
- En GSM se obtendrá otro beneficio para evitar la clonación de teléfonos, al que denominamos "encriptación", dicho proceso consiste en agregar un algoritmo a la información enviada con el fin de que solo el dispositivo correcto interprete la correcta información.
- En cuanto a los problemas de transmisión se mencionan el pathloss que consiste en la pérdida por distancia, el shadowing que se refiere a las pérdidas por obstáculos, la pérdida multisendero la cuál aparece cuando la señal toma varios caminos por lo que al receptor llegan más de una señal, la pérdida de alineamiento de tiempo la cual consiste en que la información de un timeslot llega a destiempo e interfiere con otro, y la combinación de dos o más de estas pérdidas.
- En cuanto a la solución a los problemas encontramos el proceso de código de canal que nos sirve para detectar los bits con error; el interleaving que consiste en intercalar la información para que la pérdida sea menor en cuanto a la calidad; la diversidad que es el proceso de captar dos veces la señal y tomar la mejor, por lo que el impacto de las caídas de señal disminuye;

ecualización adaptativa que consiste en enviar una cierta información ya conocida por el dispositivo receptor para así conocer en cierta forma la manera en que la información se pierde; también está el proceso del salto de frecuencia que consiste en cambiar de frecuencia sincronizadamente la MS y la BTS y por último se mencionó el adelanto de tiempo que consiste en que la MS puede ser instruida para hacer su transmisión determinados tiempos de bit adelantados para evitar el problema de alineamiento de tiempo.

En el Capítulo IV se describen los elementos por los cuales está constituida la Red GSM por lo que se puede resumir lo siguiente:

- La Red GSM se compone por un sistema llamado MSC (Centro de Conmutación Móvil) el cual es la parte que como su nombre lo indica hace la conmutación y el enlace de la llamada, la tarificación, el enlace hacia otras MSC's, la comunicación con el HLR(home local registrar), comunicación con el VLR(visitor local registrar) y el control de las BSC's(base station controller), así como también el acceso directo a la red de Internet.
- Otro elemento importante dentro de la Red GSM es el BSS(sistema de estación base) el cual es el responsable de todas las funciones relacionadas con el sistema de radio. De esta manera también la BSS se encuentra administrando las funciones y recursos de las Radiobases que se encuentran a su cargo.
- También la BSS junto con su subsistema la BSC tiene la función de controlar la potencia entre la estación móvil y la Radiobase.
- La Radiobase BSC es la responsable de la comunicación entre la estación móvil y el handover de las llamadas en progreso.
- La estación móvil es el equipo usado para acceder a la Red y su principal característica que lo hace diferente es que se compone de 2 partes: el equipo móvil y la tarjeta SIM, la cual es la tarjeta con la cual cada equipo se encuentra identificado dentro de la red y es intercambiable, es decir si deseo realizar una llamada desde otro equipo que no sea el propio, lo puedo hacer, solamente basta con cambiar la tarjeta a otro teléfono y el cargo de la llamada se hará al dueño de la SIM, no al dueño del teléfono.
- La red cuenta con un sistema de Operación y mantenimiento el cual será el encargado de mantener siempre en buena forma el funcionamiento de esta.
- La ventaja de manejar GSM es que el teléfono no se engancha a la Radiobase más cercana, si no a la que le ofrece una mejor señal.

- En cuestión de seguridad , la Red GSM ofrece una gran ventaja debido a que sus teléfonos y en especial las tarjetas SIM, las cuales en caso de ser robadas se reportan y quedan inhabilitadas no solo en el país de origen, si no en toda la red mundial GSM.

En el Capitulo V se muestran las identidades dentro de la Red GSM, con lo cual es posible establecer las llamadas, sabiendo desde donde y hacia donde se requieren hacer estas.

- La identidad de red MSISDN es la única que identifica al suscriptor móvil en el plan de numeración PSTN, en otras palabras es el número telefónico que marcamos para comunicarnos con el teléfono móvil.
- La identidad IMSI es aquella que nos permite reconocer a nuestra tarjeta SIM y en ella se encuentra almacenado la información sobre en que HLR se encuentra dado de alta a nuestro usuario.
- La identidad IMEI es la encargada de almacenar la información de nuestro equipo móvil y se utiliza para tener un mayor control en caso de robo o daño del equipo.
- Existen otras identidades que se utilizan para saber en que área geográfica se esta comunicando y así poder determinar si se trata de una llamada Roaming o no. Estas identidades son MSRN (identidad de número roaming), LAI (Identidad de un área de localización), CGI(identidad de celdas individuales en un área de localización).
- Todas estas identidades , y algunas que no mencionamos en las conclusiones, son necesarias para poder realizar llamadas, tanto nacionales, internacionales , así como servicios de mensajes cortos dentro de la red GSM.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Redl, Siegmund M.
"GSM and personal communications handbook"
Boston : Artech House, c1998.
- 2.- Gunnar Heine.
"GSM networks : protocols, terminology, and implementation"
Boston, Mass. : Artech House, c1998.
- 3.- Mehrotra, Asha.
"GSM system engineering"
Boston, Mass. : Artech House, c1998.
- 4.- Tisal, Joachim.
"GSM cellular radio telephony"
Chichester ; New York : Wiley, c1997.
- 5.- A.B. Carlson
"Sistemas de Comunicación"
McGraw Hill, México
- 6.- Bernard Sklar
"Digital communication : Fundamentals"
Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice Hall, c1988.
- 7.- Enrique Herrera Pérez
"Comunicaciones I : señales, modulación y transmisión : una introducción a la teoría de la comunicación eléctrica moderna "
México : Limusa, IPN, 1999.

BIBLIOGRAFÍA INTERNET:

- <http://www.gsmworld.com>
- <http://es.gsmbox.com>
- <http://ccnga.uwaterloo.ca/~jscouria/GSM/gsmreport.html>

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CURSOS:

1.- "GSM SYSTEM SURVEY"

Instituto Tecnológico Ericsson, Av. Dr. Gustavo Baz # 1248, Tlalnepantla Edo. de Méx. Junio 2001.

2.-"GSM OPERATION & MAINTENANCE"

Instituto Tecnológico Ericsson, Av. Dr. Gustavo Baz # 1248, Tlalnepantla Edo. de Méx. Agosto 2001.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

GLOSARIO

GLOSARIO DE TÉRMINOS USADOS DENTRO DEL ESTÁNDAR GSM

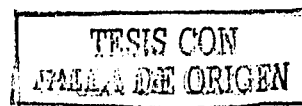
ACRÓNIMO	SIGNIFICADO
A3	Authentication Algorithm
A5	Encryption and decryption algorithm
A8	Ciphering key generation algorithm
AGCH	Access Grant Channel
AMPS	Advanced Mobile Phone System
AUC	Authentication Center
AUC	Authentication Center
AUCAM	AUC Application Module
BCC	Base Station Color Code
BCCH	Broadcast Control Channel
BCH	Broadcast Channels
BGW	Billing Gateway
BSC	Base Station Controller
BSIC	Base Station Identity Code
BSIC	Base Station Identity Code
BSIC	Base Station Identity Code
BSS	Base Station System
BTS	Base Transceiver Station
C/A	Adjacent channel Interference
C/I	Co-Channel Interference
CC	Country Code
CCCH	Common Control Channels
CCS	Common Channel Signaling Subsystem
CDD	Cell Design Data
CDR	Charging Data Recording
CDU	Combining and Distribution Unit
CGI	Cell Global Identity
CI	Cell Identity
CLCOF	CaLI Supervision & Co-ordination Of Functions
CLM	Clock Modules
CPS	Central Processor Subsystem
CHS	Changing System
DA	Didit Analysis
DCCH	Dedicated Control Channel
DCS	Data Communication Subsystem
DRX	Discontinuous Reception
DTI	Data Transmission Interface
DTI	Data Transmission Interface
DTX	Discontinuous Transmission

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DXU	Distribution switch Unit
E	Erlang
ECPOOL	Echo Cancellor in POOL
ECU	Energy Control Unit
EIR	Equipment Identity Register
FAC	Final Assembly Code
FACCH	Fast Associated Control Channel
FCCH	Frequency Correction Channels
FMS	File Management Subsystem
GMSC	Gateway MSC
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying
GOS	Grade of Service
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Position System
GS	Group Switching Subsystem
GSM	Global System for Mobile Communicaton
HCS	Hierarchical Cell Structures
HLR	Home Location Register
IC	Integrated Circuit
ILR	Interworking Location Register
IMEI	International Mobile Equipment Identity
IMEISV	International Mobile Equipment Identity
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
ISDN	Integrated Services Digital Network
Kc	Ciphering Key
Ki	Subscriber authentication key
LAC	Location Area Code
LAI	Location Area Identity
LHS	Link Handling Subsystem
LN	Location Number
LSP	Locally Significant Part
M	Ciphering Mode Command
M'	Ciphering Mode Complete
M'c	Ciphering Mode Complete, ciphered
MAHO	Mobile Assisted Hand Over
MAS	Maintenance Subsystem
MCC	Mobile Country Code
MCS	Man-Machine Communication System
ME	Mobile Equipment
MIN	Mobile Intelligent Network
MNC	Mobile Network Code
MNS	Network Management Subsystem
MS	Message Center
MSC	Mobile services Switching Center
MSIN	Mobile Station Identification Number

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MSISDN	Mobile Station ISDN
MSRN	Mobile Station Roaming Number
MTBF	Mean Time Between Failure
MTTR	Mean Time To Repair
NCC	Network Color Code
NCC	Network Color Code
NDC	National Destination Code
NPA	Number Planning Area
NS	Network Synchronization
OMS	Operation Maintenance Subsystem
OSS	Operation And Support System
PCH	Paging Channel
PIN	Personal Identification Number
PLMN	Public Land Mobile Network
PSTN	Public Switched Telephony Network
PSU	Power Supply Unit
PUK	PIN Unlock Key
RA	Route Analysis
RACH	Random Access Channel
RAND	Random number
RBS	Radio Base Station
RCS	Radio Control Subsystem
RE	Register function
RGP	Regional Processor for the Group switch
ROS	Radio Operation and maintenance Subsystem
RPS	Regional Processor Subsystem
RSZI	Regional Subscription Zone Identity
RTS	Radio Transmission and transport Subsystem
SACCH	Slow Associated Control Channel
SCF	Service Control Function
SCP	Service Control Point
SCH	Synchronization Channel
SDCCH	Stand alone Dedicated Control Channel
SDP	Service Data Point
SIM	Subscriber Identity Module
SMSCB	SMS Cell Broadcast
SMS-GMSC	Short Message Service – Gateway MSC
SMS-IW MSC	Short Message Service – InterWorking MSC
SN	Subscriber Number
SN	Servicing Node
SNR	Serial Number
SOG	Service Order Gateway
SPC	Stored Program Control
SPM	Space Switch Module
SPS	Support Processor Subsystem
SRES	Signed Response



SS	Switching System
SSF	Service Switching Function
SSP	Service Switching Point
STS	Statistic and Traffic measurement Subsystem
SVN	Software Version Number
TAC	Type Approval Code
TAS	Transceiver Administration Subsystem
TCP	TEMS Cell Planner
TCS	Traffic Control Subsystem
TCH	Traffic Channels
TDI	Transmission Drop and Insert
TDMA	Time Division Multiple Access
TEMS	Test Mobile System
TMSI	Temporary Mobile Subscriber Identity
TRAU	Tanscoder and Rate Adapter Unit
TRC	Transcoder Controller
TRH	Transceiver Handler
TRU	Transceiver Unit
TSM	Time Switch Module
TSS	Trunk and Signaling Subsystem
UMT	Universal Mobile Telephone
VLR	Visitor Location Register
ZC	Zone Code

TESIS COM
FALLA DE ORIGEN