



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACAN**

SEMINARIO DE TITULACIÓN:

**“TELEFONÍA CELULAR Y PROTECCIÓN DE SUS ENLACES
EN COMUNICACIONES”**

**INFRAESTRUCTURA PARA EL SISTEMA GLOBAL
DE COMUNICACIONES MÓVILES**

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA

P R E S E N T A N:

**AGUILAR ISLAS GUSTAVO
CRUZ AGAPITO JOSÉ LUIS
SANTIAGO COSSÍO ROBERTO**



MÉXICO, D.F.

ENERO 2008

IPN
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD CULHUACAN

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE: INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA

POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN: SEMINARIO

DENOMINADO: "TELEFONÍA CELULAR Y PROTECCIÓN DE SUS ENLACES EN COMUNICACIONES"
Nº. DE VIGENCIA D.E.P. FNS35099/21/2001

DEBERÁN DESARROLLAR LOS C.C.: AGUILAR ISLAS GUSTAVO
CRUZ AGAPITO JOSÉ LUIS
SANTIAGO COSSÍO ROBERTO


**INFRAESTRUCTURA PARA EL SISTEMA GLOBAL DE
COMUNICACIONES MÓVILES**

ESTE TRABAJO TIENE COMO OBJETIVO PRESENTAR LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA GLOBAL DE COMUNICACIONES MÓVILES (GSM), EXPLICANDO CADA UNO DE LOS ELEMENTOS QUE LO CONFORMAN Y MOSTRANDO LA IMPORTANCIA DEL FUNCIONAMIENTO EN CONJUNTO.

- CAPÍTULO 1: COMPONENTES DEL SISTEMA GLOBAL PARA LAS COMUNICACIONES MÓVILES**
- CAPÍTULO 2: SUBSISTEMA DE CONMUTACIÓN**
- CAPÍTULO 3: SUBSISTEMA DE ESTACIÓN BASE**
- CAPITULO 4: ESTACIÓN MÓVIL**

MÉXICO, D. F., 5 DE NOVIEMBRE DEL 2007

A S E S O R E S


M. en C. J. EFRÉN PÉREZ CARMONA


M. en C. ROSA V. RANCHED MAYA


ING. ANTONIO NIETO RODRÍGUEZ



Gracias primeramente a DIOS, a las divinidades y al mundo espiritual de luz por concederme este logro.

Gracias a mis padres y mis hermanos por toda la paciencia y dedicación que han tenido conmigo todo este tiempo y en especial a mis padres por haberme guiado por el buen camino para poder lograr lo que tanto he anhelado la obtención de mi título como Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica.

Gracias a todos los profesores y profesoras que he tenido a lo largo de mi vida a todos ellos les doy gracias porque cada uno puso un granito de arena para poder llegar a mi objetivo final.

Gracias a mis amigos por brindarme su amistad sin esperar nada a cambio de verdad me han demostrado que puedo contar con ustedes en las buenas y en las malas especialmente al Ingeniero Gerardo Pérez.

De verdad a todos muchas gracias por todo, todos ocupan un lugar en mi corazón.

Gustavo Aguilar





A mi padre Jose Luis Cruz Cruz por siempre mostrarme su apoyo, hacerme crecer con sus consejos, darme muchas lecciones de vida, sobre todo enseñarme lo que es el coraje y ganas de salir adelante.

A mi madre Gloria Aurelia Agapito Peña por sus dulces consejos, su manera de protegerme, su cariño y por proporcionarme una enorme motivación para terminar esta carrera tan anhelada.

A mi Abuelita Maria Cruz Hernández y a mi tía Alicia Cruz Cruz por estar a mi lado cuando mas necesitaba alguien en quien confiar y alguien en quien apoyarme para seguir adelante, por brindarme un techo y alimento, además de cariño y comprensión.

A mi hermano Salvador Enrique Cruz Agapito por enseñarme que se puede lograr todo lo que uno se propone, que uno puede ser feliz a pesar de las adversidades, por darme la oportunidad de ser tío de tres hermosas niñas y sobre todo por ser mi mas grande amigo.

A mi tío Antonio Cruz Rogel por ser una persona excelente conmigo, por cuidarme cuando estaba desesperado y perdiendo el buen camino, por sus consejos que me hacían analizar las cosas de otra manera.

A mi hermosa Tania Montserrat por ayudarme a terminar esta ultima etapa de la carrera y por todo el amor, apoyo, comprensión y cariño que me ha dado.

A todos mis profesores por dar lo mejor de si en cada clase y poner su máximo esfuerzo para que yo pueda ser una persona culta, con conocimientos y sobretodo un mejor ser humano.

A todos mis compañeros de clases por compartir tantos buenos y malos momentos, por estar cuando los necesitaba y permitirme ser su amigo.

A todas las personas que estuvieron a mi lado en cada una de las etapas de esta carrera y colocar un granito de arena para que tuviera un crecimiento como profesionista y ser humano.

José Luis Cruz Agapito.



A Dios por la fe infundada en mí, llenar de mi vida de dicha y bendiciones.

A mi hijo

Doy gracias a Dios por haberme regalado el ser mas hermoso que da la vida.

A mi esposa

Como testimonio por el apoyo que en todo momento me brinda. por ser la fuente de mi inspiración y motivación para superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor. Por el amor que existe entre nosotros. Te amo.

A mis padres

Por haber plantado en mi la semilla de mejoramiento continuo y fortaleza de espíritu.

A mis Hermanos

Quienes son mi guía desde mi infancia.

Mi profundo agradecimiento al Instituto Politécnico Nacional por la educación y los valores impartidos a lo largo de mi estancia en ella.

Roberto Santiago Cossio.



ÍNDICE

CAPITULO I Componentes del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles (GSM)

1.1.	Introducción.....	2
1.2.	Plantación Celular	2
1.2.1.	Cobertura	2
1.2.2.	Capacidad del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles (GSM).....	4
1.3.	Célula o Celda	5
1.3.1.	Células Omnidireccionales.....	5
1.3.2.	Células Sectorizadas.....	6
1.3.3.	Racimos (Clusters)	6
1.3.4.	Reuso de Frecuencias	7
1.3.5.	Demanda de Tráfico	8
1.3.6.	División Celular	9
1.4.	Interferencias y Capacidad del Canal.....	10
1.4.1.	Interferencia Co-canal	10



1.4.2.	Interferencia Entre Canales Adyacentes.....	11
1.4.3.	Control de Potencia Para Reducir Interferencias	12
1.5.	Grado de Servicio (GOS)	12
1.6.	Componentes del Sistema Global de Comunicaciones Móviles (GSM).....	13

CAPITULO II Subsistema de Conmutación (SS)

2.1.	Identidades de las Redes del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles (GSM).....	16
2.1.1.	Identidades de suscriptor móvil internacional (IMSI).....	16
2.1.2.	Identidades de Suscriptor Móvil Temporal (TMSI).....	16
2.1.3.	Identidad Relacionada al Equipo.....	17
2.1.4.	Identidades Relacionadas a la Ubicación	17
2.1.5.	Identidad de Confidencialidad de Suscriptor	18
2.1.6.	Handover (Relevo)	18
2.2.	Componentes del Sistema Global Para las Comunicaciones Móviles (GSM).....	21
2.2.1.	Subsistema de Conmutación (SS)	22
2.2.1.1.	Centro de Conmutación Móvil (MSC).....	22



2.2.1.2. Registro de Ubicación de Origen (HLR).....	22
2.2.1.3. Centro de Autenticación (AUC).....	23
2.2.1.4. Registro de Identidad de Equipo (EIR)	23
2.2.1.5. Registro de Ubicación de Visitante (VLR)	23
2.2.1.6. Sistema de Mensajes Cortos (SMS)	24
2.2.1.7. Sistema de Buzón De Voz (VMS)	24
2.2.1.8. Centro de Cobro (BC)	24
2.3. Funciones Principales del Centro de Conmutación Móvil (MSC)/Registro De Ubicación de Visitante (VLR).....	25
2.3.1. Conmutación y Conexión de Llamadas.....	25
2.3.2. Provisión de Servicios	25
2.3.3. Facturación	25
2.3.4. Comunicación con el Registro de Ubicación Local (HLR)	25
2.3.5. Comunicación con el Registro de Ubicación de Visitante (VLR)	26
2.3.6. Comunicación con otros Centros de Conmutación Móvil (MSC)	26
2.3.7. Comunicación y Administración de los Controladores de Estación Base (BSC's).....	26
2.3.8. Acceso Directo a Servicios de Internet	26



2.3.9.	Acceso Primarios a la Red Digital de Servicios Integrados (ISDN).....	27
2.4.	Funciones del Registro de Ubicación de Visitante (VLR)	27
2.5.	Funciones del Registro de Ubicación Local (HLR)	28
2.6.	Funciones del Centro de Autenticación (AUC)	29
2.6.1.	Procedimiento de Autenticación (Cambio de Área de Servicio de Centro de Conmutación Móvil).....	30
2.6.2.	Cifrado (Ciphering)	31
2.7.	Red Inteligente Móvil.....	32
2.7.1.	Punto de Conmutación de Servicios (SSP)	32
2.7.2.	Punto de Control de Servicios (SCP)	33
2.7.3.	Punto de Datos de Servicio (SDP)	33
2.8.	Servicios de Mensajería en el Sistema Global de Comunicaciones Móviles (GSM).....	34
2.8.1.	Servicio de Mensajes Cortos (SMS Convencionales).....	34
2.8.2.	Mensajes Cortos de Emisión de Célula.....	34
2.8.3.	Mensajes Servicio Complementario de los Datos no Estructurados	35
2.8.4.	Servicio de Mensajes Cortos (SMS)	35



2.8.5.	Plataformas Avanzadas de Mensajería (PAM)	36
2.8.6.	Chat del Servicio de Mensajes Cortos (SMS)	36
2.8.7.	Sistema de Acceso a Información Mediante Servicio de Mensajes Cortos (SMS).....	37
2.8.8.	Correo Electrónico Vía Servicio de Mensajes Cortos (SMS)	38
2.8.9.	Descarga de Logos y Melodías	39
2.8.10.	Mensajería de Servicios Complementarios de los Datos no Estructurados	40

CAPITULO III SUBSISTEMA DE ESTACION BASE (BSS)

3.1.	Introducción	43
3.2.	Estación Base (BTS)	43
3.2.1.	Arquitectura y Funcionamiento de una Estación Base (BTS).....	44
3.2.1.1.	Modulo de Transmisión y Recepción.....	44
3.2.1.2.	Modulo de Operación y Mantenimiento (O&M)	45
3.2.1.3.	Modulo de Reloj.....	45
3.2.1.4.	Filtros de Entrada y Salida	46
3.2.2.	Configuración de una Estación Base (BTS).....	46
3.2.2.1.	Configuración Estándar	46





3.2.2.2.	Configuración en Sombrilla	47
3.2.2.3.	Sectorización de Radio Bases (BTS's).....	48
3.3.	Controlador de Estación Base (BSC)	49
3.3.1.	Arquitectura y Tareas del Controlador de Estación Base	50
3.3.1.1.	Matriz de Conmutación	50
3.3.1.2.	Elementos de Control de Terminal de la Interfaz Abis	50
3.3.1.3.	Elementos de Control de Terminal de la Interfaz A.....	51
3.3.1.4.	Base de Datos	51
3.3.1.5.	Modulo Central	51
3.4.	Unidad de Transcodificación/Adaptación de Velocidad (TRAU)	52
3.4.1.	Funciones de la Unidad de Transcodificación/Adaptación de Velocidad (TRAU)	52
3.4.2.	Selección del Sitio por la Unidad de Transcodificación/Adaptación De Velocidad (TRAU)	52
3.4.3.	Relación entre la Unidad de Transcodificación/Adaptación de Velocidad (TRAU) y la Estación Base (BTS)	53
3.4.4.	La Trama de la Unidad de Transcodificación/Adaptación de Velocidad (TRAU)	54
3.5.	La Interfaz de Radio	56



3.5.1.	Introducción	56
3.5.2.	Acceso Múltiple por División en Frecuencia(FDMA)	56
3.5.3	Acceso Múltiple por División en el Tiempo (TDMA).....	56
3.5.4.	Dúplex por División en Frecuencia (FDD).....	58
3.5.5	Frecuencias y Canales Lógicos	58
3.5.6.	Canales de Tráfico.....	60
3.5.7.	Canales de Control	61
3.5.8.	Canales “Broadcast” (BCH).....	62
3.5.9.	Canales de Control Comun (CCCH).....	64
3.5.10.	Canales de Control Dedicados (DCCH).....	65
3.5.11.	Estructura de las Tramas en Sistema Global para las Comunicaciones Móviles	66

CAPITULO IV ESTACIÓN MÓVIL (MS)

4.1.	Estación Móvil (MS).....	70
4.2.	Problemas de Transmisión entre Estación Móvil (MS) y Estación Base (BTS)	70
4.3.	Funciones de Ahorro de Potencia en el Equipo Móvil.....	72



4.3.1.	Transmisión Discontinua (DTX).....	72
4.3.2.	Recepción Discontinua (DRX).....	72
4.4.	Modulo de Identidad de Suscriptor (SIM)	73
4.4.1.	Modulo de Identidad de Suscriptor ID-1 SIM	74
4.4.2.	Datos que la tarjeta Modulo de Identidad de Suscriptor (SIM) Debe Tener de Manera Obligada	74
4.5.	Administración del Número de Identificación Personal	75
4.6.	Clave Personal de Desbloqueo (PUK)	75
4.7.	Funciones de una Estación Móvil	75
	CONCLUSIONES	77
	GLOSARIO DE ACRONIMOS	78
	BIBLIOGRAFIA	82



CAPITULO I

**COMPONENTES DEL SISTEMA GLOBAL PARA LAS COMUNICACIONES
MOVILES (GSM)**



1.1. INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se describe brevemente que factores se consideran para la planeación celular para el sistema GSM, así como aquellos factores que intervienen en la capacidad, cobertura y la calidad de la señal.

1.2. PLANEACIÓN CELULAR.

La planeación celular se puede clasificar en dos procesos: de planeación y el proceso de desarrollo.

En el proceso de planeación se consideran varios factores:

- El tipo de edificación, que considera estructura de estos.
- La demografía, con el fin de determinar la penetración de mercado.
- El uso de la velocidad de los suscriptores, esto será de acuerdo a los servicios que un usuario requiere
- Demanda de tráfico, esto es la penetración de mercado.
- Grado de servicio
- Método de acceso (en nuestro caso será GSM).
- Los requerimientos de cobertura.

1.2.1. COBERTURA.

En sentido genérico, se entiende por cobertura la zona desde la cual una terminal móvil puede comunicarse con las estaciones base y viceversa. Es el primer parámetro en que se piensa al diseñar una red de comunicaciones móviles: ¿en qué zonas se va a dar servicio a los terminales móviles?

En primer lugar, la cobertura o el alcance radio de una red es la composición del radio enlace de la suma de todas sus estaciones base. A la hora de planificar una red, desde el punto de vista de la cobertura, el primer dato que se necesita saber es la zona que se desea cubrir, o zona de servicio.



Si se parte de esta única hipótesis, dado un área a cubrir, sería necesario un número de células tal que la suma de las áreas cubiertas por dichas células, a una altura determinada h y transmitiendo a su máxima potencia, fuera igual al área a cubrir.

Ahora bien, debemos tener en cuenta que no basta con realizar el cálculo de potencia en el sentido estación base a móvil; también es necesario que el móvil, en función de su capacidad de transmisión, pueda llegar hasta la estación base.

Por ello, la cobertura de la red debe planificarse teniendo en cuenta las condiciones de transmisión en las que se encuentra el móvil: es a lo que se denomina realizar un balance de enlace.

Actualmente, las redes se diseñan teniendo en cuenta varios tipos de móviles: la máxima cobertura se ofrece para terminales instalados en vehículos, con antena exterior, y también se realizan previsiones para equipos portátiles en el exterior y en interior de vehículos, sin antena externa.

Debido a las características particulares del trayecto radioeléctrico, únicamente puede hablarse de cobertura en sentido estadístico. Esto implica que, las áreas que se representan teóricamente cubiertas, lo están en un determinado porcentaje de ubicaciones y de tiempo.

Existen gráficas, obtenidas de medidas empíricas sobre propagación, que muestran las correcciones en atenuación que se deben realizar para calcular correctamente el área de cobertura de un transmisor radio, así como la probabilidad de cobertura asociada a dichas correcciones.

Hasta aquí todo es aplicable a casi cualquier sistema que tenga la radio como medio de transmisión. Lo que diferencia a un sistema celular es que, en zonas de alta densidad de tráfico, es capaz de utilizar más eficientemente que otros sistemas el limitado espectro radioeléctrico que tiene asignado. Esto implica un diseño de red radio denominado "celular", que es lo que le da el nombre al sistema.

El "truco" consiste en dividir el área a cubrir en un número de células suficientemente grande, que permita la reutilización de frecuencias. Estos conceptos serán explicados con más detalle más adelante.



Desde el punto de vista de cobertura, lo que esta división en pequeñas células implica es que la cobertura de cada célula va a estar limitada por interferencia; es decir, el diseño se hará de forma tal que las células que utilizan los mismos canales de radio emitan a una potencia suficientemente baja para no interferirse entre si y, a su vez, no interferir a los móviles a los que están dando servicio.

En definitiva, el máximo alcance de una célula sólo se podrá conseguir en lugares de poca densidad de tráfico, que no son los más adecuados para este tipo de sistemas.

1.2.2. CAPACIDAD DEL SISTEMA GLOBAL PARA LAS COMUNICACIONES MÓVILES (GSM)

Es la cantidad de tráfico que puede soportar este tipo de sistemas. El diseño de una red celular está pensado para soportar, gracias a la comparación de canales y a la división celular, una gran capacidad de tráfico como se puede observar en la figura 1.1.

Al ser un sistema de concentración de canales, la capacidad por cada bloque de canales se calcula mediante la aplicación de la fórmula de Erlangs B, es decir, como un sistema de llamadas perdidas (sin colas).

La capacidad que aporta este tipo de sistemas es función del número de canales utilizado, o ancho de banda disponible, del tamaño de las células y de la configuración en racimos o "clusters". La capacidad será mayor cuanto mayor ancho de banda se disponga, cuanto menor sea la célula y cuantas menos células sean necesarias por "cluster".

Este último parámetro estará fuertemente ligado a la relación de interferencia co-canal que el sistema sea capaz de soportar. Respecto al tamaño de la célula, este estará limitado por la capacidad del protocolo de gestión de la movilidad y por la velocidad a la que se desplacen los móviles en la zona de servicio.

El diseño de la capacidad de los sistemas se realiza por zonas, tomando cada estación de base independientemente, suponiendo el caso de tráfico más desfavorable; es decir, el tráfico en la hora cargada.

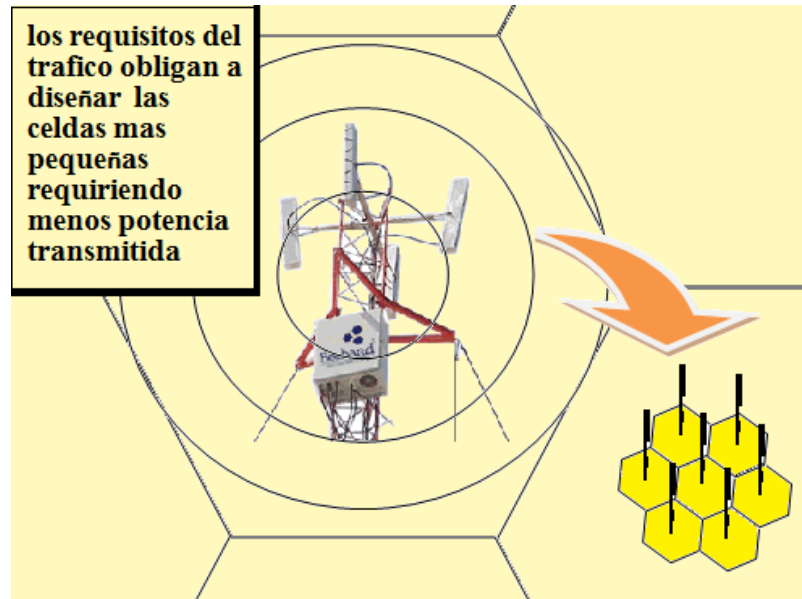


Figura 1.1 Tamaño de celdas o células

1.3. CÉLULA O CELDA

Célula es cada una de las unidades básicas de cobertura en que se divide un sistema celular. Cada célula contiene un transmisor - que puede estar en el centro de la célula, si las antenas utilizadas son o utilizan un modelo de radiación omnidireccional, o en un vértice de la misma, si las antenas tienen un diagrama directivo - y transmiten un subconjunto del total de canales disponibles para la red celular a instalar.

Cada célula, además de varios canales de tráfico, tendrá uno o más canales de señalización o control para la gestión de los recursos radio y la movilidad de los móviles a ella conectados.

1.3.1. CÉLULAS OMNIDIRECCIONALES.

La cobertura de una célula de este tipo es en forma omnidireccional, es decir una sola antena propaga la señal en un radio de 360 grados.

Normalmente este tipo de antenas son colocadas en lugares en donde no hay mucha demanda de llamadas, por ejemplo en zonas rurales, en carreteras, etc.

1.3.2. CÉLULAS SECTORIZADAS.

Utilizan antenas direccionales para cubrir un área específica. Normalmente están configuradas en tres sectores, aunque hay radio bases que trabajan con 6 sectores con el fin de proveer más capacidad a un área en donde la demanda de llamadas es mayor.

1.3.3. RACIMOS (CLUSTERS)

Los grupos de frecuencias pueden ser colocados en los patrones de células llamados clusters. Un cluster es un grupo de células en donde todas las frecuencias disponibles tienen que ser utilizadas una vez y solo una vez (figura 1.2).

Entre todas, agrupan la práctica totalidad de las frecuencias disponibles por la red celular. Sumando varios racimos es como se alcanza la cobertura final del sistema celular, reutilizados de esta manera las mismas frecuencias en todos los racimos.

Las frecuencias pueden ser usadas en clusters vecinos pero esto puede ocasionar un problema de interferencia. El rehusó de frecuencia debe guardar una distancia lo mas grande posible. A su vez la máxima capacidad de la distancia de rehusó de frecuencias también debe ser tomada en cuenta.

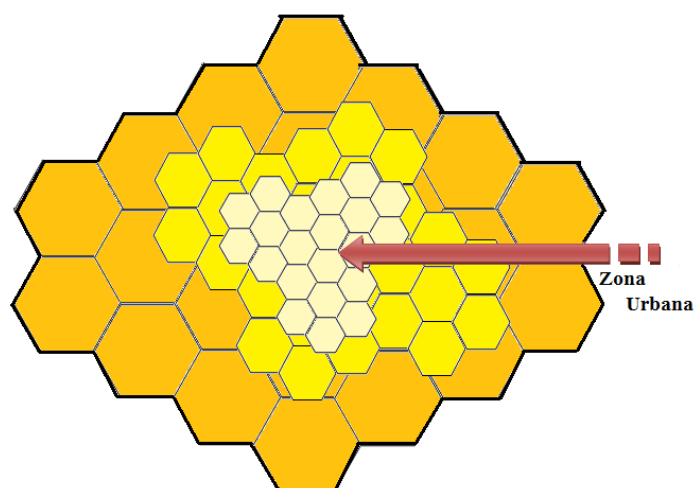


Figura 1.2 Imagen de racimo de celdas (Cluster)

1.3.4. REUSO DE FRECUENCIA.

Dentro de las redes celulares el número de llamadas que una red puede soportar es limitado por la disposición de frecuencias asignadas al operador.

Como sea un operador puede construir y maximizar el número de suscriptores que el sistema puede servir por el reuso de frecuencias.

El reuso de frecuencias significa que dos radio canales dentro de la misma red, pueden usar exactamente el mismo par de frecuencias.

Pero tomando en cuenta que debe haber una distancia entre las frecuencias que se reutilizan para que no exista la posibilidad de interferencia.

Los patrones de reuso de frecuencias recomendados son 4/12 y 3/9. 4/12 significa que hay 4 células con 3 sectores cada una, cada sector con “N” número de frecuencias portadoras (figura 1.3).

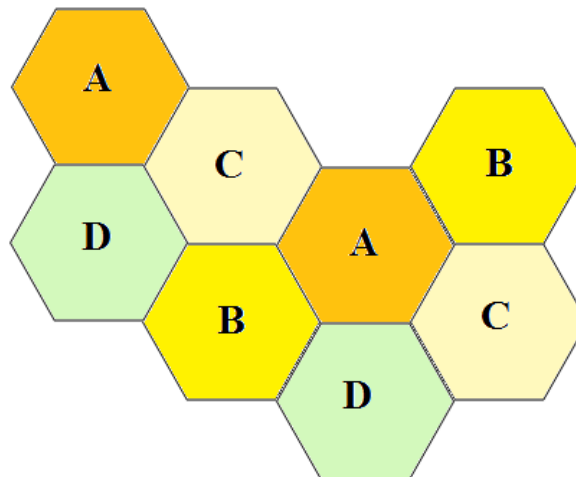


Figura 1.3. Ejemplo de reutilización de frecuencias.



1.3.5. DEMANDA DE TRÁFICO

Un elemento más de gran importancia que es digno de análisis es la demanda de tráfico, que va muy ligado con el estudio de demografía, este análisis se hace e base al tiempo de duración de llamada y a la demanda de tráfico en un cierto sector.

Normalmente se toma común tiempo promedio para telefonía móvil de tres minutos por llamada y tomando como referencia este dato se puede obtener el tráfico en un periodo determinado que normalmente es una hora. Para este análisis se hace uso de una herramienta muy útil que es la fórmula de Erlangs (ecuación 1).

$$A = \frac{n \cdot t}{3600} \dots \dots \dots (1)$$

En donde:

- A** = Tráfico generado dentro del sistema y se mide en Erlangs.
- n** = Numero de llamadas en el sistema en una hora.
- 3600** = Numero de segundos en una hora.
- t** = Tiempo promedio de duración de cada llamada en segundos.

Por ejemplo:

Una llamada que tiene una duración de 3 minutos en promedio tiene un Erlangs:

$$A = \frac{(1)(180)}{3600} = 0.05 \text{ Erlangs}$$

1.3.6. DIVISIÓN CELULAR

En áreas urbanas muy pobladas, el volumen tan alto de tráfico local puede agotar los canales de radio disponibles.

No obstante, es posible aumentar hasta cierto punto la capacidad del sistema reduciendo continuamente el tamaño de las células y la potencia transmitida de las estaciones base.

La reducción en el radio de las células permite reutilizar las bandas disponibles en células no contiguas. La estrategia permite al proveedor de portadora celular reducir y aumentar el tamaño de las células para dar cabida al crecimiento o a la reducción de las poblaciones de esta base de suscriptores móviles. Un ejemplo de aumento o reducción del tamaño de células se muestra en la figura 1.4

Debe hacerse hincapié en que la partición de células requiere un diseño cuidadoso durante el establecimiento inicial del sistema, a fin de minimizar la cantidad de ajustes que es preciso hacer al sistema.

Además, si las células son pequeñas se requieren transferencias de control más frecuentes (cuando la unidad móvil pasa de una célula a otra), lo que aumenta el gasto extra de la red.

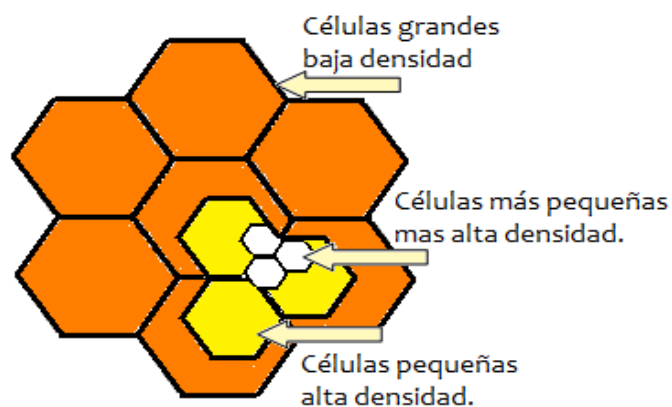


Figura 1.4. División de células.



1.4. INTERFERENCIAS Y CAPACIDAD DEL SISTEMA

La interferencia es el principal factor que limita el desarrollo de los sistemas celulares. Las fuentes de interferencias incluyen a otras estaciones móviles dentro de la misma celda, o cualquier sistema no celular que de forma inadvertida introduce energía dentro de la banda de frecuencia del sistema celular.

Las interferencias en los canales de voz causan el "cruce de llamada (cross-talk), consistente en que el abonado escucha interferencias de fondo debidas a una transmisión no deseada. Sobre los canales de control, las interferencias conducen a llamadas perdidas o bloqueadas debido a errores en la señalización digital. Las interferencias son más fuertes en las áreas urbanas, debido al mayor ruido de radio frecuencia y al gran número de estaciones base y móviles. Las interferencias son las responsables de formar un cuello de botella en la capacidad y de la mayoría de las llamadas entrecortadas.

Los dos tipos principales de interferencias generadas por sistemas son las interferencias co-canal y las interferencias entre canales adyacentes. Aunque las señales de interferencia se generan frecuentemente dentro del sistema celular, son difíciles de controlar en la práctica (debido a los efectos de propagación aleatoria). Pero las interferencias más difíciles de controlar son las debidas a otros usuarios de fuera de la banda (de otros sistemas celulares, por ejemplo), que llegan sin avisar debido a los productos de ínter modulación intermitentes o a sobrecargas del terminal de otro abonado.

En la práctica, los transmisores de portadoras de sistemas celulares de la competencia, son frecuentemente una fuente significativa de interferencias de fuera de banda, dado que la competencia frecuentemente coloca sus estaciones base cerca, para proporcionar una cobertura comparable a sus abonados.

1.4.1. INTERFERENCIA CO-CANAL.

La reutilización de frecuencias implica que en un área de cobertura dada haya varias celdas que usen el mismo conjunto de frecuencias. Estas celdas son llamadas celdas co-canales, y la interferencia entre las señales de estas celdas se le llama interferencia co-canal. Al contrario



que el ruido térmico, que se puede superar incrementando la relación señal ruido ("Signal to Noise Ratio" ó SNR), la interferencia co-canal no se puede combatir simplemente incrementando la potencia de portadora de un transmisor. Esto es debido a que un incremento en la potencia de portadora de transmisión de una celda, incrementa la interferencia hacia las celdas co-canales vecinas.

Para reducir la interferencia co-canal las celdas co-canales deben estar físicamente separadas por una distancia mínima que proporcione el suficiente aislamiento debido a las pérdidas en la propagación.

En un sistema celular, cuando el tamaño de cada celda es aproximadamente el mismo, la interferencia co-canal es aproximadamente independiente de la potencia de transmisión y se convierte en una función del radio de la celda (R), y de la distancia al centro de la celda co-canal más próxima (D).

Incrementando la relación D/R, se incrementa la separación entre celdas cocanales relativa a la distancia de cobertura. El parámetro Q, llamado factor de reutilización cocanal, está relacionado con el tamaño del cluster N. Para una geometría hexagonal sería (ecuación 2)

$$Q = \frac{D}{R} = \sqrt{3N} \dots\dots\dots (2)$$

Un valor pequeño de Q proporciona una mayor capacidad dado que el tamaño del cluster N es pequeño, mientras que un valor de Q grande mejora la calidad de la transmisión, debido a que es menor la interferencia co-canal. Se debe llegar a un compromiso entre estos dos objetivos a la hora del diseño.

1.4.2. INTERFERENCIA ENTRE CANALES ADYECENTES.

Entran en este apartado las interferencias procedentes de señales que son adyacentes en frecuencia a la señal deseada. Estas interferencias están producidas por la imperfección de los



filtros en los receptores que permiten a las frecuencias cercanas colarse dentro de la banda Pasante.

El problema puede ser particularmente serio si un usuario de un canal adyacente está transmitiendo en un rango muy próximo al receptor de un abonado, mientras que el receptor está intentando recibir una estación base sobre el canal deseado. A esto se le suele llamar efecto "nearfar", donde un transmisor cercano (que puede ser o no del mismo tipo que el usado en el sistema celular) captura al receptor del abonado.

Otra forma de reducir el mismo efecto es cuando un móvil cercano a una estación base transmite sobre un canal cercano a otro que está usando un móvil débil. La estación base puede tener dificultad para discriminar al usuario móvil deseado del otro debido a la proximidad entre los canales.

Este tipo de interferencias se pueden minimizar filtrando cuidadosamente, y con una correcta asignación de frecuencias. Dado que cada celda maneja sólo un conjunto del total de canales, los canales a asignar en cada celda no deben estar próximos en frecuencias.

1.4.3. CONTROL DE POTENCIA PARA REDUCIR LAS INTERFERENCIAS

En los sistemas celulares de radio, los niveles de potencia transmitida por cada unidad de los abonados, están bajo un control constante por las estaciones base servidoras. Esto se hace para asegurar que cada móvil transmite la potencia más baja necesaria y así reducir las Interferencias entre canales.

GSM se diseño para incluir una amplia variedad de servicios que incluyen transmisiones de voz y servicios de manejo de mensajes entre unidades móviles o cualquier otra unidad portátil.

1.5. GRADO DE SERVICIO (GOS).

El grado de servicio (GOS) es el porcentaje de tiempo en que una persona por algún motivo no puede realizar llamadas. El grado de servicio recomendado es del 2 %.



Las cargas de tráfico es conocido como porcentaje de llamadas bloqueadas (2%) o de otra forma porcentaje de confiabilidad de la red (98%). Las cargas de tráfico están basadas en condiciones promedio, durante una hora pico. Si solamente son equipados canales de voz suficientes en un futuro no habrá llamadas bloqueadas en las horas pico.

Los métodos estadísticos son empleados para determinar los canales de voz requeridos para transportar el tráfico ofrecido con cierto margen de grado de servicio aceptable (mencionamos arriba el 2 %).

El número de Erlangs de tráfico puede ser transportado por un grupo de circuitos de voz de tamaño N, con el bloqueo deseado.

1.6. OMPONENTES DEL SISTEMA GLOBAL DE COMUNICACIONES MÓVILES (GSM).

Los componentes principales GSM son:

- **El centro de conmutación móvil (MSC)** , es el corazón de todo sistema GSM y se encarga de establecer, gestionar y despejar conexiones, así como de enrutar las llamadas a la célula correcta. El MSC proporciona la interfaz con el sistema telefónico y presta servicios de determinación de cargos y contabilidad.
- **La célula**, cuyo tamaño es de aproximadamente 35 km.
- **La estación móvil (MS)**. Interfaz usuario red.
- **El controlador de estaciones base (BSC)** . Es un elemento nuevo introducido por GSM. Se encarga de las operaciones de transferencia de control de las llamadas y también de controlar las señales de potencia entre las BTS y las MS, con lo cual releva al centro de conmutación de varias tareas.

- **La estación de Estación base (BTS).** Establece la interfaz a la unidad móvil. Está bajo el control del BSC.
- **Registro de Ubicación de Origen (HLR)** es una base de datos que proporciona Información sobre el usuario, su base de suscripción de origen y los servicios Suplementarios que se le proveen.
- **Registro de Ubicación de Visitante (VLR)** es también una base de datos que contiene información sobre la situación de encendido/apagado de las estaciones móviles y si se han activado o desactivado cualesquiera de los servicios suplementarios.
- **Centro de Autenticación (AC o AUC)** que sirve para proteger a cada suscriptor contra un acceso no autorizado o contra el uso de un número de suscripción por personas no autorizadas; opera en relación estrecha con el HLR.
- **El Registro de Identidad del Equipo (EIR)** que sirve para registrar el tipo de equipo que existe en la estación móvil y también puede desempeñar funciones de seguridad como bloqueo de llamadas que se ha determinado que emanan de estaciones móviles robadas, así como evitar que ciertas estaciones que no han sido aprobadas por el proveedor se usen .

El diagrama general del sistema se puede observar en la figura 1.5. Todos los puntos mencionados anteriormente se verán a profundidad dentro del siguiente capítulo.

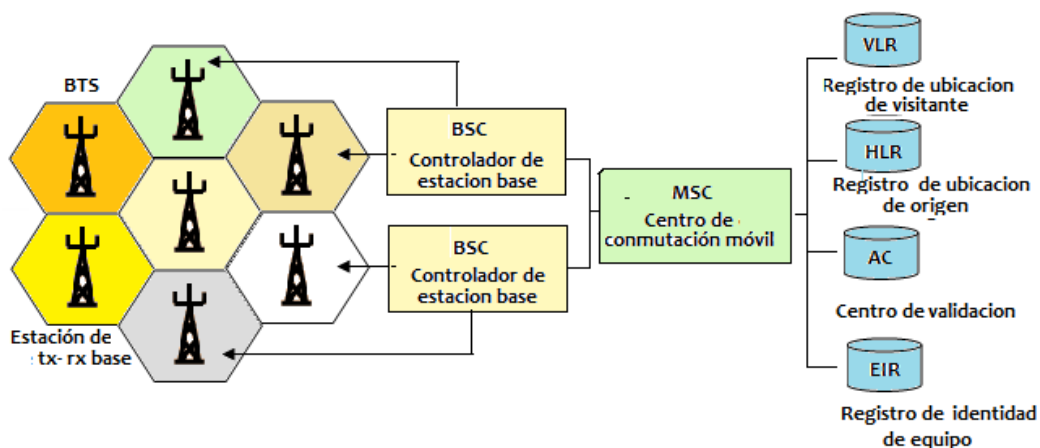


Figura 1.5. Esquema de componentes GSM.



CAPITULO II

SUBSISTEMA DE CONMUTACIÓN (SS)

2.1. IDENTIDADES DE LAS REDES DEL SISTEMA GLOBAL PARA LAS COMUNICACIONES MÓVILES (GSM).

Las identidades son números que una red utiliza para cuando un móvil está estableciendo una llamada a otro suscriptor. Cada identidad es única y secreta en la trayectoria de una llamada.

Los planes de numeración son utilizados para identificar diferentes redes como una especificación de los organismos internacionales como la ITU (Unión de telecomunicaciones internacionales). Las identidades se mencionan a continuación.

2.1.1. IDENTIDAD DE SUSCRIPTOR MÓVIL INTERNACIONAL (IMSI)

El IMSI es una identidad única que está asignada a cada suscriptor la cuál provee la correcta identificación del suscriptor sobre una trayectoria de radio a través de la red. Es utilizado para toda la señalización en la Red PLMN (Red móvil pública terrestre) Toda la información de red relacionada al suscriptor es enviada al IMSI y está conformada como se muestra en la figura 2.1.



Figura 2.1 IMSI

2.1.2. IDENTIDAD DE SUSCRIPTOR MÓVIL TEMPORAL. (TMSI)

El TMSI es un IMSI temporal utilizado en el móvil para registro. Este es usado para proteger la identidad del suscriptor en la interfaz aérea.



El TMSI solamente puede tener su campo de acción en la parte del MSC/VLR y es cambiado en intervalos de tiempo o cuando ocurre un evento como puede ser una actualización. TMSI es la mitad de la longitud de IMSI.

2.1.3. IDENTIDAD RELACIONADA AL EQUIPO

-Identidad Internacional del Equipo Móvil (IMEI).- IMEI es usado para identificar el equipo móvil dentro de la red. El IMEI es utilizado para procedimientos de seguridad, como la identificación de un equipo móvil robado, y la prevención de un acceso no autorizado a la red.

-Número de la Versión de Software e Identidad Internacional del Equipo Móvil (IMEISV).- Esta identidad provee una identidad única para cada móvil y además se refiere a una versión de Software que será instalado en el móvil. Se debe tener cuidado con la versión de software, ya que una diferencia de versiones puede tener como consecuencias la codificación de una llamada.

2.1.4. IDENTIDADES RELACIONADAS A LA UBICACIÓN.

-Numero de Roaming de la Estación Móvil (MSRN).- El número Roaming de la estación móvil es una identidad de red temporal que es asignada durante el establecimiento de una llamada a un usuario Roamer.

-Identidad de Área Local (LAI).- LAI es una entidad temporal que es requerida para enrutamiento. Los dos principales propósitos son:

- 📍 Búsqueda (Paging), el cual es utilizado para informar al MSC de una determinada área (LA) en la que el móvil está situado.
- 📍 Actualización de la ubicación de los Suscriptores móviles

-Área de Localización (LA).- esta identidad es un número relacionado a una cierta área geográfica que el operador especifica por la localización de las células. Áreas de servicio (MSC).



-Identidad de la Zona Regional del Suscriptor (SRZI).- Existen zonas o regiones que necesariamente necesitan ser definidas, con esta identidad se puede lograr esto.

2.1.5. IDENTIDAD DE CONFIDENCIALIDAD DE SUSCRIPTOR

Esta identidad significa que el IMSI no puede ser revelado por individuos o procesos no autorizados. Protege al suscriptor cuando está usando una red PLMN.

-Procedimiento de confidencialidad de la identidad de suscriptor.- Cada vez que el móvil hace una petición a un procedimiento del sistema (actualización de ubicación, intento de llamada, etc), el MSC puede asignarle un nuevo TMSI y un IMSI. El MSC transmite el TMSI que el móvil almacena en su tarjeta SIM.

2.1.6. HANDOVER (Relevo)

En una red celular, el radio y los enlaces fijos requeridos no son permanentemente asignados para la duración de la llamada. Handover es la conmutación de una llamada activa a un canal diferente de otra célula.

Existen 4 diferentes tipos de handover en los sistemas GSM, que implican la transferencia de una llamada entre:

- 🏰 Canales en la misma célula (figura 2.3)
- 🏰 Células (BTS's) bajo el control de una misma BSC (figura 2.4)
- 🏰 Células bajo el control de diferentes BSC's , pero que pertenecen a un mismo MSC.(figura 2.5)
- 🏰 Células bajo el control de diferentes MSC's. (figura 2.6)

Los primeros dos tipos de handover son llamados handovers internos, involucran tanto a las BTS's como a un mismo BSC.

Los últimos dos tipos de Handover son llamados handover externos y son administrados por el MSC.



El algoritmo para cuando una decisión de handover debe ser tomada no está especificado en las recomendaciones de GSM. Existen dos algoritmos básicos ambos basados en el control de potencia.

Esto se debe a que la BSC usualmente no conoce cuál es la calidad de la señal debido al desvanecimiento por multi-trayectoria o por que el móvil se está moviendo hacia otra célula.

El desempeño mínimo aceptable del algoritmo da precedencia al control de potencia sobre el handover, de tal forma que cuando la señal se degrada a un cierto valor el nivel de potencia del móvil es incrementado.

El otro método es utilizar el handover para tratar de mantener o mejorar el nivel de calidad de la señal.

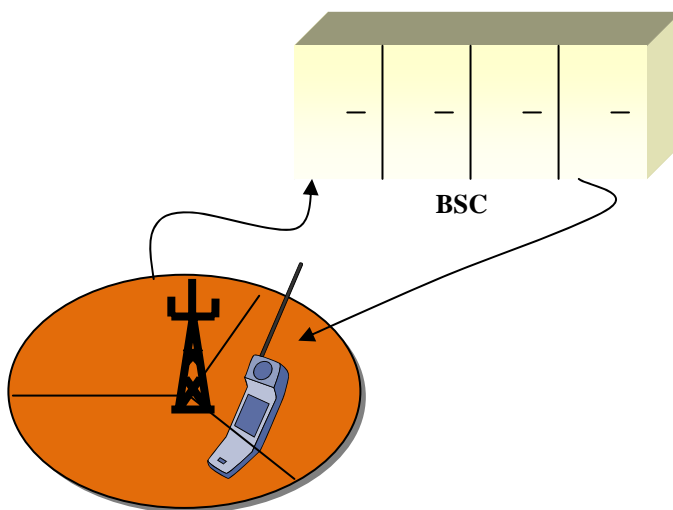


Figura 2.3.- Handover entre canales de una misma célula

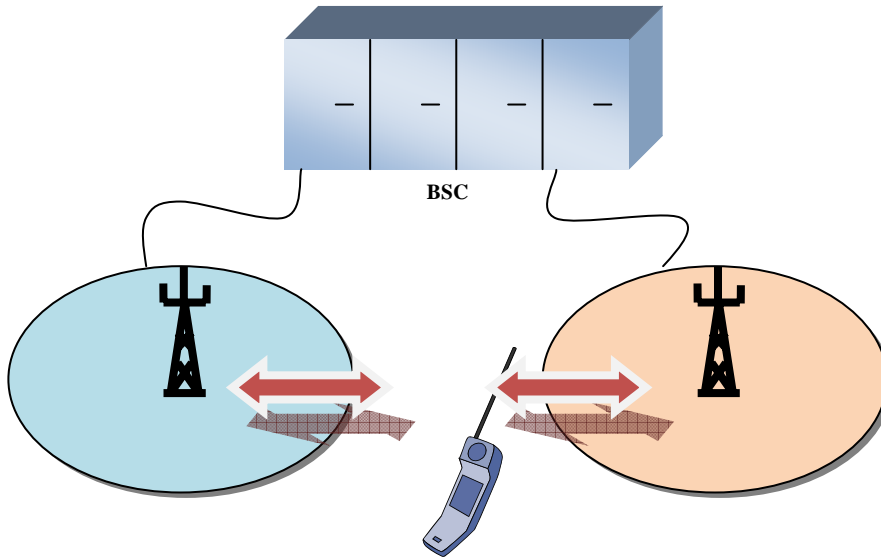


Figura 2.3.- Handover bajo el control de una misma BSC

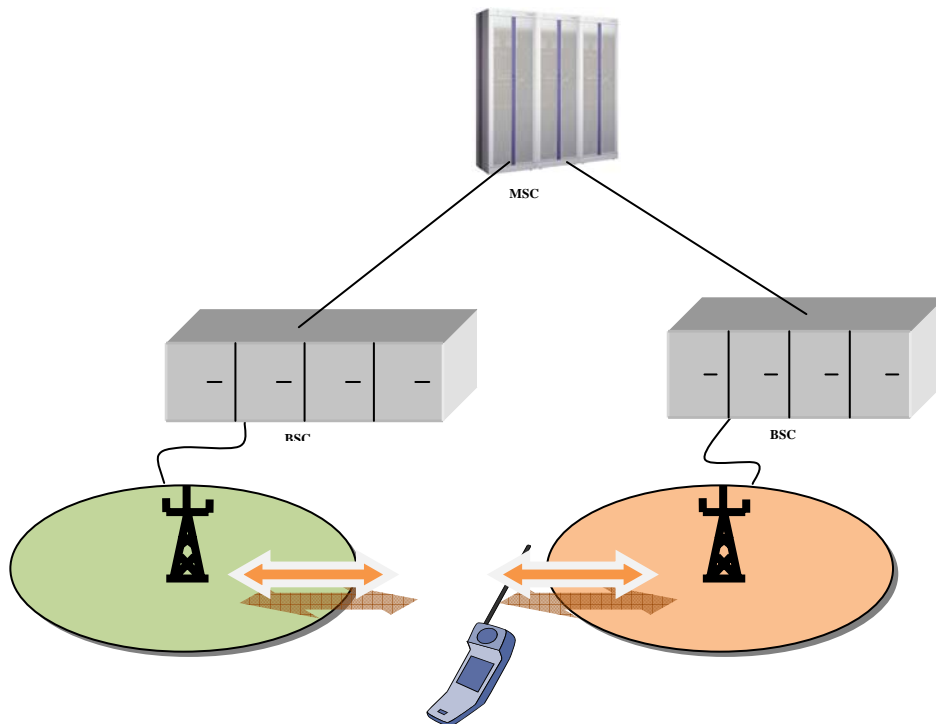


Figura 2.5.- Células bajo el control de diferentes BSC's , pero que pertenecen a un mismo MSC

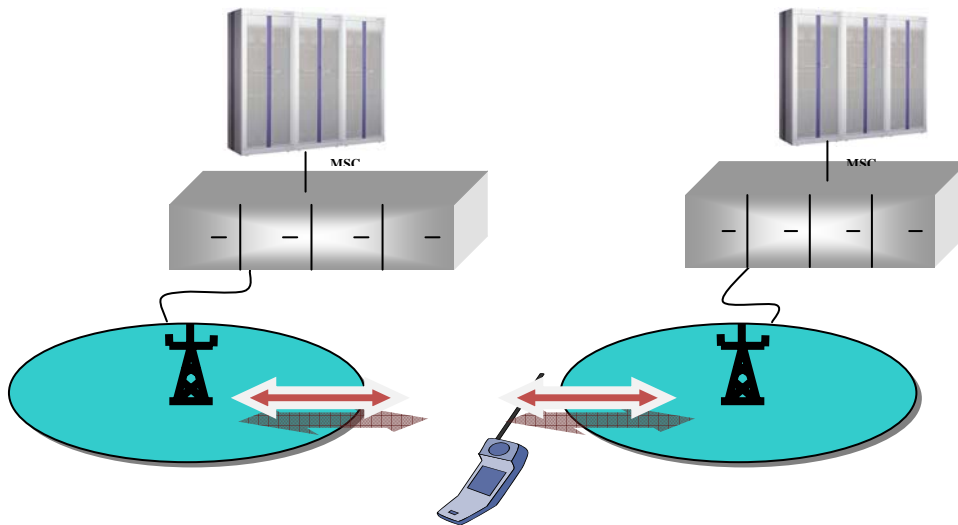


Figura2.6.- Handover en MSC's distintos

2.2. COMPONENTES DEL SISTEMA GLOBAL PARA LAS COMUNICACIONES MÓVILES (GSM)

Una Red GSM está dividida básicamente en 2 subsistemas:

- Subsistema de Conmutación (SS)
- Subsistema de Estaciones Base (BSS)

Al igual que otras Redes los nodos o componentes incluidos en éstos 2 subsistemas pueden ser supervisados y operados desde algún centro computarizado (NMC). En la figura 2.7 se muestra un diagrama general de una red GSM.

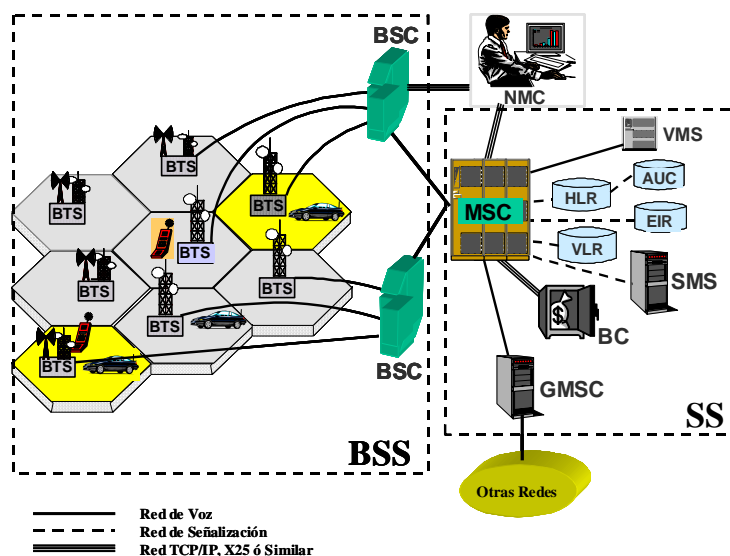


Figura 2.7 Componentes de una red GSM



2.2.1. SUBSISTEMA DE CONMUTACIÓN (SS)

Este subsistema es el encargado de llevar a cabo el análisis del número marcado por el abonado celular y enrutar la llamada al destino final. Para que esto sea posible se tiene enlaces dedicados conectados desde éste sistema hacia otros MSCs de nuestra propia Red y a la PSTN. Está constituido por los siguientes componentes:

2.2.1.1. CENTRO DE CONMUTACION MÓVIL (MSC)

Este equipo desempeña las funciones de conmutación telefónica en una Red GSM, aquí normalmente se cuenta con los accesos hacia otras redes de Voz y Datos (PSTN, Redes de Datos Pública, Redes Privadas de Voz/Datos y otras Redes Móviles).

La funcionalidad de Gateway MSC (**GMSC**) normalmente está integrada en el mismo MSC, ésta función permite hacer consultas en el HLR para hacer posible el enrutamiento de una llamada proveniente de otras redes hacia un Suscriptor Móvil y/o poder enrutar un Abonado Móvil de nuestra Red hacia Redes externas.

2.2.1.2. REGISTRO DE UBICACIÓN DE ORIGEN (HLR)

En éste nodo se encuentra almacenada toda la base de datos para la administración de los suscriptores móviles de la Red. Aquí se encuentran almacenada información de cada suscriptor desde que se agrega a la red hasta el momento que cancela su suscripción.

Los datos almacenados incluyen:

- Identidad del suscriptor
- Servicios suplementarios a los cuales tiene derecho el suscriptor
- Información del área de suscripción del usuario
- Información de Autenticación del usuario
- Etc.



2.2.1.3. CENTRO DE AUTENTICACIÓN (AUC)

El Centro de Autenticación es la parte de la Red que evita el fraude debido a la clonación de suscriptores entre otras razones.

El AUC se conecta a través del HLR proporcionando una base de datos la cuál contiene parámetros de autenticación asignados por abonado, evitando el uso indebido de los servicios móviles cuando estos códigos o parámetros encriptados no coinciden con los del suscriptor original.

2.2.1.4. REGISTRO DE IDENTIDAD DE EQUIPO (EIR)

EIR es una base de datos adicional que contiene cierta información de la identidad del equipo móvil la cual permite bloquear llamadas de MEs (equipo móvil) robados, defectuosos o no autorizados vía el IMEI (Identidad de Equipo Móvil Internacional).

Esta base de datos es un buen auxiliar debido a lo complejo que resulta en GSM (por la separación que existe entre Suscriptor-Equipo) el poder realizar un bloqueo automático de suscriptores.

EIR es una funcionalidad opcional dentro de GSM, por lo que no todas las Redes cuentan con ella.

2.2.1.5. REGISTRO DE UBICACIÓN DE VISITANTE (VLR)

La base de datos del VLR contiene información acerca de cada uno de los suscriptores móviles que se encuentran actualmente localizados dentro del Área de Servicio del MSC.

Por lo regular ésta base de datos se encuentra colocada dentro del mismo MSC y los registros que se encuentran en ella son de tipo temporal (mientras que el suscriptor móvil permanece en una de las celdas controlados por el mismo MSC).



A través de ésta funcionalidad es posible que cualquier suscriptor móvil visitante (Abonados de nuestra Red adscritos a otra área de servicio, Abonados Roamers de otros carriers, etc..), obtenga servicio automáticamente al encender o ser captado su MS por el MSC.

VLR consulta la información tanto de los abonados locales como de los visitantes a los HLRs involucrados y realiza una copia sobre éstos datos en sus registros logrando dar continuidad al servicio.

2.2.1.6. SISTEMA DE MENSAJES CORTOS (SMS)

El servidor de mensajes cortos ofrece el servicio de valor agregado a nuestros suscriptores de poder no solo enviar o recibir llamadas de voz, sino también intercambiar mensajes de texto pequeños (normalmente no mayores a 150 caracteres).

Éste fue uno de los primeros servicios de datos integrados en una Red Comercial de Comunicación Móvil.

2.2.1.7. SISTEMA DE BUZÓN DE VOZ (VMS)

El servicio que brinda a un suscriptor la facilidad de contar con un Buzón de Voz en el cuál le pueden dejar grabados mensajes verbales en el momento que su teléfono éste apagado o fuera de servicio lo ofrece éste servidor.

2.2.1.8. CENTRO DE COBRO (BC)

El Centro de facturación ofrece la funcionalidad de llevar el post-proceso de todos los registros de facturación de los suscriptores de renta mensual ó post pago principalmente.

Calculando en base de todas las llamadas realizadas (CDRs) por el suscriptor, el costo monetario equivalente a ser cubierto en el periodo de cobro generando la factura correspondiente.



2.3. FUNCIONES PRINCIPALES DEL CENTRO DE CONMUTACIÓN MÓVIL (MSC)/REGISTRÓ DE UBICACIÓN DE VISITANTE (VLR)

El equipo de conmutación más importante dentro del SS es el MSC, el cual tiene asignadas las siguientes tareas dentro de la Red.

2.3.1. CONMUTACIÓN Y CONEXIÓN DE LLAMADAS

El MSC se encarga del análisis de establecimiento de llamadas provenientes de nuestros MSs y/o suscriptores de otras redes (PSTN) , realizando los procesos internos e interacción con otros nodos (HLR,AUC,VMS,etc..) con el propósito de conectar la llamada a un destino final.

2.3.2. PROVISIÓN DE SERVICIOS

En el MSC se encuentran provisionados diferentes servicios suplementarios a los que el suscriptor puede acceder como el servicio de mensajes cortos que es administrado en éste punto.

2.3.3. FACTURACIÓN

Es en el MSC donde se lleva acabo la facturación de las llamadas de nuestros suscriptores (principalmente post-pago).

Todos los datos originados por el evento de llamada (No. A, No.B, Servicios utilizados durante la llamada etc...) son grabados en registros temporales CDRs y posteriormente se almacenan en un medio magnético (HD) para poder ser enviados al centro de post-proceso de facturación (BC).

2.3.4. COMUNICACIÓN CON EL REGISTRO DE UBICACIÓN LOCAL (HLR)

En el proceso de establecer una llamada hacia algún MS de nuestra Red, es necesario que el HLR interactúe con el MSC para solicitar alguna información de enrutamiento.



2.3.5. COMUNICACIÓN CON EL REGISTRO DE UBICACIÓN DE VISITANTE (VLR)

En el establecimiento y liberación de una llamada hacia un MS de nuestra red, es necesario que el MSC intercambie información con el VLR con el afán de obtener datos del suscriptor (Servicios autorizados etc...). Generalmente las funciones de VLR se encuentran alojadas dentro del mismo MSC (VLR Allocated).

2.3.6. COMUNICACIÓN CON OTROS CENTROS DE CONMUTACION MÓVIL (MSC)



Durante el establecimiento de una llamada entre 2 MSs de nuestra Red que se encuentren localizados en diferentes áreas de servicio de MSC, ó en el caso de un Handover realizado por un MS; será necesario que el MSC intercambie señales para lograr mantener la conexión o según sea el caso iniciarla.

2.3.7. COMUNICACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE LOS CONTROLADORES DE ESTACIÓN BASE (BSC's)

El MSC tiene la función del control directo de los diferentes BSCs conectados a él. El MSC debe mantener comunicación continua con sus BSCS con el propósito de establecer llamadas hacia ó provenientes de los MSs localizados en sus BTSs , o para la gestión de un Handover entre BTSs.

2.3.8. ACCESO DIRECTO A SERVICIOS DE INTERNET

Es posible que a través del MSC se pueda tener acceso a Proveedores de Servicios de Internet (ISP). Esto puede llevarse a cabo de 2 formas:

-  A través de accesos telefónicos establecidos con la PSTN.
-  vía Servidores de Acceso (AS) localizados en el mismo MSC.

2.3.9. ACCESO PRIMARIOS A LA RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS (ISDN)

Con estos accesos primarios (PRA) es posible interconectar a nuestro MSC algún PABX y poder integrar servicios de conmutación privada como se muestra en la figura 2.9.

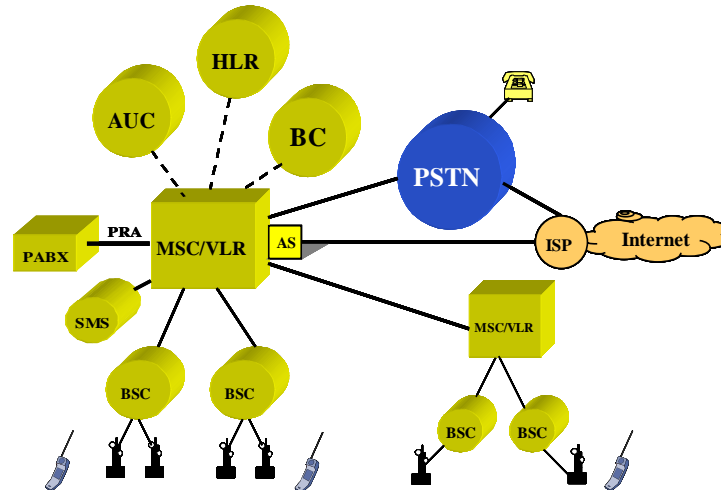


Figura 2.9 Acceso Primarios ISDN

2.4. FUNCIONES DEL REGISTRO DE UBICACIÓN DE VISITANTE (VLR)

El VLR en una Red GSM almacena temporalmente información de un suscriptor mientras éste se encuentre dentro del área de servicio del MSC, esto se hace para evitar que el MSC tenga que contactar al HLR cada vez que alguno de nuestros suscriptores use los servicios de la Red (figura 2.10).

Cuando el suscriptor se cambia de un MSC a otro, entonces sus datos se borran del anterior MSC/VLR y se registran en el nuevo MSC/VLR tomando una copia de la información del suscriptor desde su HLR. La información que contiene cada registro en el VLR es:

- 📞 Identidad del número del suscriptor
- 📞 Servicios de abonado
- 📞 Estado de operación del MS (Ejem: Idle)
- 📞 Área local actual del MS
- 📞 Etc...

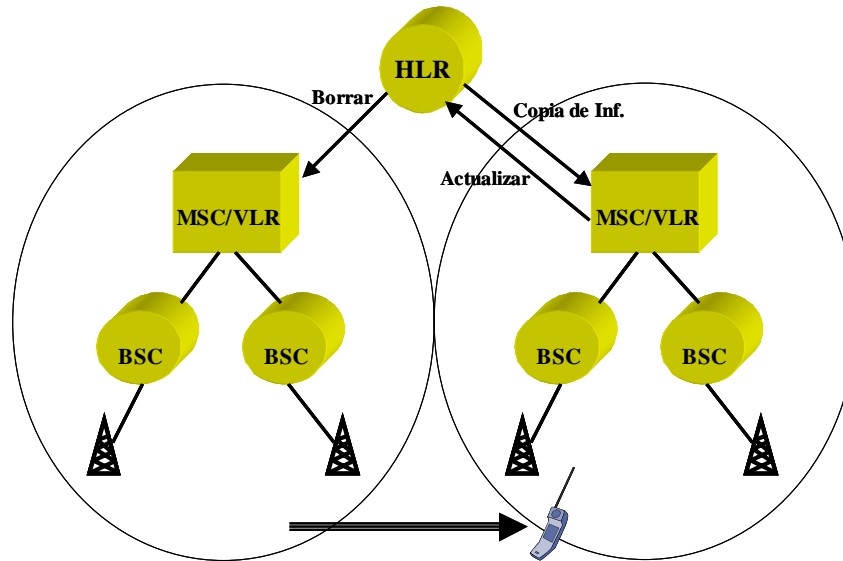


Figura 2.10 Funciones del VLR

2.5. FUNCIONES DEL REGISTRO DE UBICACIÓN LOCAL (HLR)

El HLR es una base de datos centralizada de los suscriptores de la Red, entre los datos almacenados están:

- 🏰 Identidad del Suscriptor
- 🏰 Servicios suplementarios
- 🏰 Información de localización del Suscriptor (Área de servicio MSC)
- 🏰 Información de Autenticación del Suscriptor (Tripletes provenientes de AUC).

Dentro de los procesos primarios que tiene que ejecutar el HLR se tienen:

- 🏰 Administración de la Base de Datos de Suscriptores.
- 🏰 Comunicación con el MSC/GMSC para establecimiento de llamadas.
- 🏰 Comunicación con el AUC para obtener información de autenticación en cada cambio de datos de algún suscriptor.
- 🏰 Comunicación con el VLR para actualizar la posición del MS respecto al área de servicio de MSC.

2.6. FUNCIONES DEL CENTRO DE AUTENTICACIÓN (AUC)

La función principal del Centro de Autenticación (AUC) es generar y proveer información al HLR (Tripletes), la cuál será usada por el MSC/VLR para:

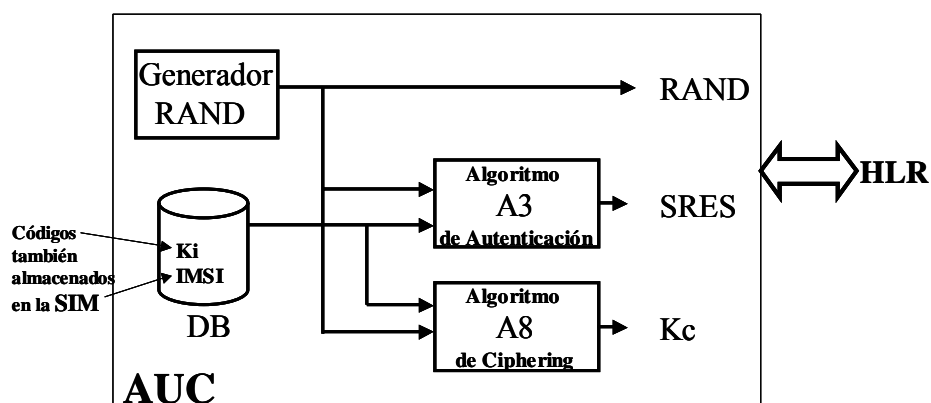
1. Autenticar: Dar permiso de acceder a los servicios de la Red a un nuevo suscriptor que está arribando a éste MSC/VLR (ya sea que este en movimiento proveniente de otro MSC o que encienda su teléfono en éste nuevo MSC).
2. Ciphering ó Cifrar: Asegurar que una vez establecida una llamada de Voz ó Datos no pueda ser fácilmente intervenida (Aseguramiento de privacidad).

Al momento de la subscripción de un nuevo usuario existen 2 códigos que son almacenados tanto en la base de datos del AUC como en la tarjeta SIM del MS, el llamado Ki (llave de autenticación de suscriptor) y el IMSI. EL AUC genera los llamados Tripletes de información utilizando un generador de números aleatorios y los datos que tiene almacenados (Ki, IMSI), los cuáles después de procesarlos por medio de Algoritmos especiales (A3 y A8) genera los 3 campos que integran el Triplete (figura 2.11):

RAND (numero aleatorio no predecible)

SRES (una señal de respuesta)

Kc (una llave de cifrado)



Autenticar: Permiso de Acceso a la Red.

Ciphering: Privacidad en la llamada

Figura 2.11 Algoritmo de autenticación



2.6.1. PROCEDIMIENTO DE AUTENTIFICACIÓN (CAMBIO DE ÁREA DE SERVICIO DE CENTRO DE CONMUTACIÓN MÓVIL)

1. Al recibir el MSC/VLR la señal proveniente de un nuevo suscriptor (MS) en su área de servicio, el VLR empieza un intercambio de señalización con el HLR solicitándole una copia de la información del nuevo suscriptor.
2. El HLR actualiza su base de datos respecto a la nueva localización del suscriptor (Área de Servicio de MSC) y solicita al AUC un nuevo triplete de información.
3. El AUC envía al HLR el triplete de información (RAND, SRES y Kc) .
4. El HLR una vez actualizada su base de datos, envía una copia de la información del suscriptor al VLR incluyendo el triplete de información de AUC.
5. El MSC/VLR transmite el valor RAND hacia el MS.
6. El MS obtiene el SRES usando el valor RAND y el Ki contenido en su SIM utilizando el Algoritmo A3.
7. El MS obtiene el Kc usando el valor Ki y el RAND aplicando el Algoritmo A8, éste valor será usado después para el proceso de ciphering y deciphering en el MS.
8. MS envía de regreso hacia el MSC/VLR la firma o valor SRES obtenido en el punto 6
9. MSC/VLR compara el valor SRES obtenido en el MS con el recibido del AUC, en caso de que sean iguales le permitirá el acceso a la Red, en caso que sean diferentes el suscriptor será bloqueado para acceso a la Red.

El Operador de la Red GSM puede elegir el desempeñar el procedimiento de Autenticación:

- 🏰 Por cada Registro que realice el suscriptor en el VLR.
- 🏰 Por cada intento de llamada
- 🏰 Por cada Actualización de área de servicio de MSC.
- 🏰 Antes de activar o desactivar algún servicio suplementario.

Dependiendo del procedimiento elegido por el operador, se realizarán todos los pasos especificados anteriormente o sólo a partir del paso 5. Este proceso se muestra en la figura 2.12

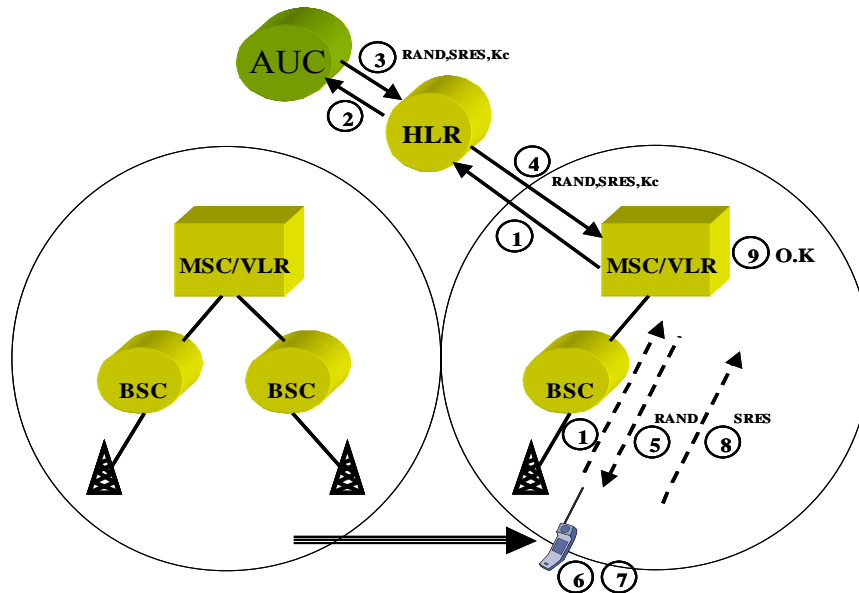


Figura 2.12 Procedimiento de autenticación

2.6.2. CIFRADO (CIPHERING)

Este proceso permite que la información y señalización intercambiada entre la BTS y la estación móvil (MS) no pueda ser abierta o utilizada por cualquier individuo o proceso no autorizado.

El proceso de cifrado utiliza el K_c (llave de cifrado) y el número de trama TDMA como entradas a un algoritmo de encriptación conocido como A5. El Objetivo es asegurar la privacidad de la voz y datos del suscriptor móvil.

Antes de que la MS envíe información a la BTS ésta es inyectada como entrada a un proceso de encriptación junto con el Kc (calculado previamente por la MS en el proceso de autenticación) y el número de trama de TDMA asignada; dentro de éste proceso es aplicado el Algoritmo A5 obteniendo como resultado la información encriptada la cuál es enviada a la BTS.

Una vez que la información encriptada es recibida por la BTS, aplica un proceso de descryptación vía A5 utilizando nuevamente como entradas el Kc y el número de trama de TDMA obteniendo la información original.

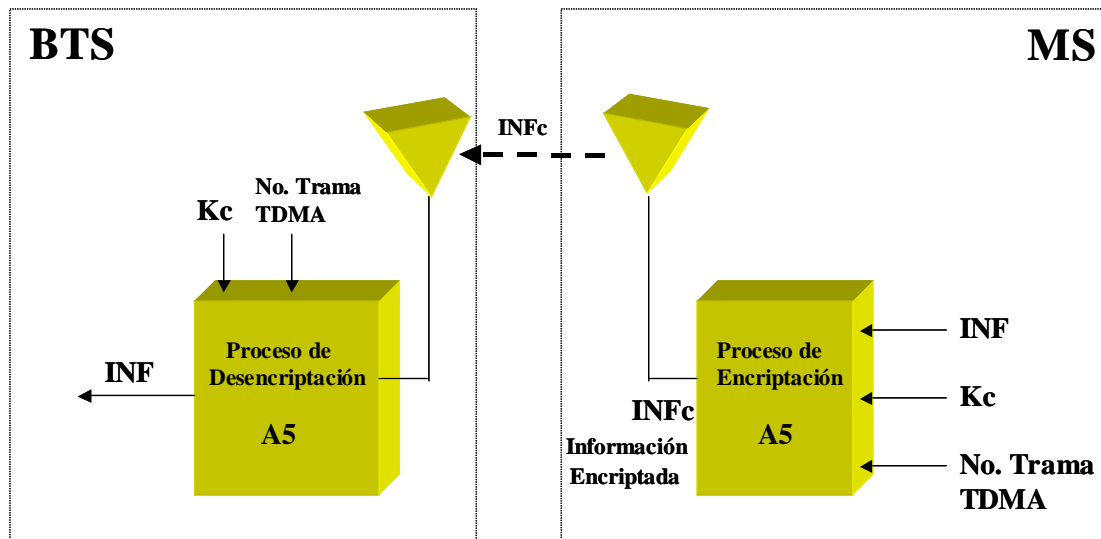


Figura 2.13 Cifrado (Ciphering)

2.7. RED INTELIGENTE MÓVIL

La Red inteligente móvil basada en GSM agrega algunos nodos de conmutación especiales para poder brindar servicios avanzados de telefonía a los suscriptores, como son:

2.7.1. PUNTO DE CONMUTACIÓN DE SERVICIOS (SSP)

Generalmente la función de conmutación de servicios puede activarse y estar localizada en el mismo MSC o encontrarse por separado (stand-alone).



Dicha función puede detectar aquellas peticiones por parte de los suscriptores para uso de servicios de Red Inteligente y realizar el disparo (Triggering) hacia el SCP, manteniéndose en espera del resultado del análisis del servicio por parte del SCP para continuar con la conexión de la llamada.

2.7.2. PUNTO DE CONTROL DE SERVICIOS (SCP)




Este nodo contiene almacenados una serie de programas (Services Scripts) diseñados específicamente para el análisis de servicios.

Estos programas están integrados de pequeñas rutinas ó SIBs (Módulos Independientes de construcción de servicios) con los cuáles se construyen toda la lógica que da solución a las invocaciones realizadas por sus SSPs, obteniendo al final él o los datos de respuesta a ser enviados de regreso al SSP.

2.7.3. PUNTO DE DATOS DE SERVICIO (SDP)

Cuando la cantidad de datos de respuesta a los SSP son demasiados y no pueden ser almacenados en el propio SCP por capacidad de memoria, es necesario el uso de un punto masivo de almacenamiento de datos llamado SDP, el cual estará en interacción continua con el SCP (figura 2.14).

Algunos de los servicios que pueden ser brindados por éste tipo de plataforma son:

-  Servicio de Pre-pago.
-  Número Universal
-  VPN

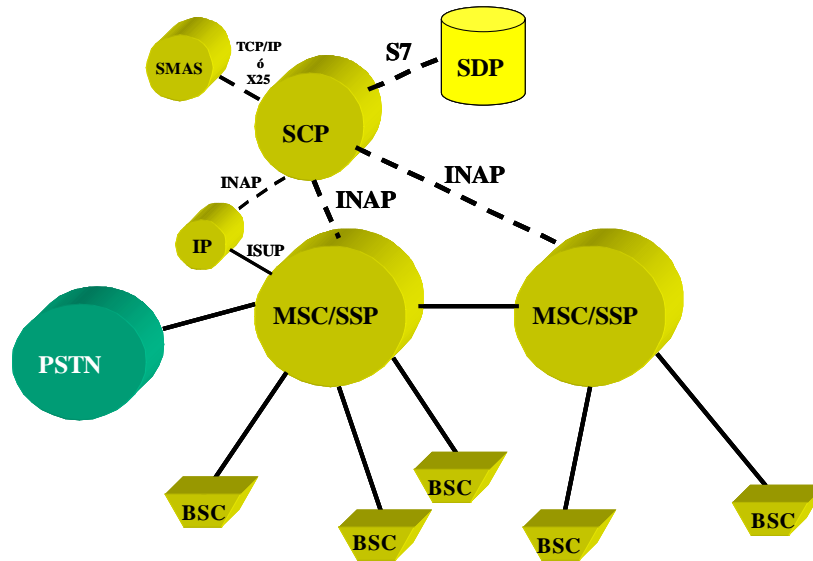


Figura 2.14 SDP (Punto de Datos de Servicio)

2.8. SERVICIOS DE MENSAJERÍA EN EL SISTEMA GLOBAL DE COMUNICACIONES MÓVILES (GSM)

En GSM se manejan diferentes tipos de mensajes que pueden intercambiarse con los Usuarios los cuales son:

2.8.1. SERVICIO DE MENSAJES CORTOS (SMS CONVENCIONALES)

Estos mensajes son los tradicionales que se han venido utilizando hasta el momento con los usuarios, su tamaño es de 160 caracteres y pueden ser enviados desde una página de Web, desde otro móvil (2 vías) e inclusive se pueden realizar SMS Chats entre varios usuarios.

La plataforma que administra éste tipo de mensajes se llama SMSC. Estos mensajes siempre van dirigidos a cierto o ciertos usuarios específicos y son de tipo almacenables.

2.8.2. MENSAJES CORTOS DE EMISIÓN DE CÉLULA

Estos mensajes no son de tipo almacenables y se envían a todos los usuarios presentes en una célula o células en particular. Se utilizan para enviar noticias, informes de tráfico vial, etc. Su tamaño es de 93 caracteres.



2.8.3. MENSAJES SERVICIO COMPLEMENTARIO DE LOS DATOS NO ESTRUCTURADOS (USSD)

Estos mensajes no son de tipo almacenables y la característica principal es que se puede establecer una sesión entre el usuario y la red. Su tamaño máximo es de 160 caracteres y los administran una plataforma especial llamada USSDC.

Se utilizan para: Actualizar información en la SIM de algún abonado, activar servicios con cadenas “*”, “#” desde el móvil, informar en tiempo real del saldo a un abonado pre-pago, establecer una sesión de compra-venta de algún producto o servicio, etc..

2.8.4. SERVICIO DE MENSAJES CORTOS (SMS)

El servicio de mensajes cortos permite enviar y recibir mensajes de hasta 140 bytes, es decir , de hasta 160 caracteres en formato estándar IA5 (1 carácter = 7 bits).

Un mensaje SMS puede recibirse en cualquier momento: en el seno de una llamada, en modo de espera, durante una sesión de datos, etc...

El denominado Centro de Mensajes Cortos (SMSC) es el encargado de recibir los SMS enviados por los usuarios y de reenviarlos a sus destinatarios en modo FIFO (conservando el orden de llegada).Se trata de un servicio de almacenamiento y envío (Store&Forward).

Cuando el destinatario no está disponible, el SMSC almacena los SMS recibidos para él, hasta que sea posible su entrega. Cada SMSC se identifica mediante un Global Title que se almacena en la tarjeta SIM del terminal.

Este GT debe ser aceptado por las redes con las que existan acuerdos de roaming.

A continuación se muestra la arquitectura básica del servicio SMS (figura 2.15).

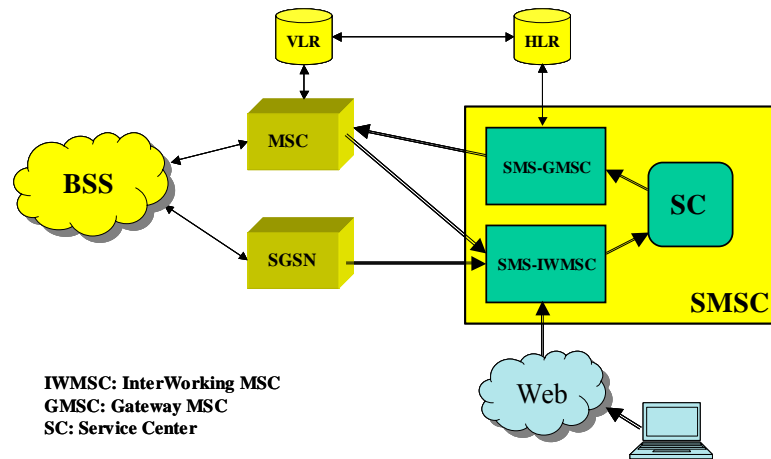


Figura 2.15 Arquitectura básica del servicio SMS

2.8.5. PLATAFORMAS AVANZADAS DE MENSAJERÍA (PAM)

En la actualidad es posible ofrecer múltiples servicios basados en mensajes cortos (información, entretenimiento etc..). Esto ha hecho que empresas ajenas a la operadora deseen tener acceso a los SMSCs para poder enviar y/o recibir grandes volúmenes de mensajes.

Para hacer esto posible es necesario sortear varios inconvenientes como:

- ❖ La integridad de la Red de la Operadora.
- ❖ Los protocolos de aplicación ofrecidos por los SMSCs son variados (depende de cada fabricante) y complejos.

Por lo que es recomendable el uso de una Plataforma Avanzada de Mensajería que actúe como Gateway entre los SMSCs y las aplicaciones de los clientes.

2.8.6. CHAT DEL SERVICIO DE MENSAJES CORTOS (SMS)

El objetivo es permitir la comunicación entre comunidades de usuarios móviles mediante mensajes cortos SMS (figura 2.16).

Esta comunicación se produce en el interior de ciertos “canales” que pueden ser definidos por la operadora (Chat público) y por los propios usuarios (Chat privado).

Los usuarios pueden acceder a los “canales” que deseen (chat públicos) de manera anónima , empleando un pseudónimo o alias.

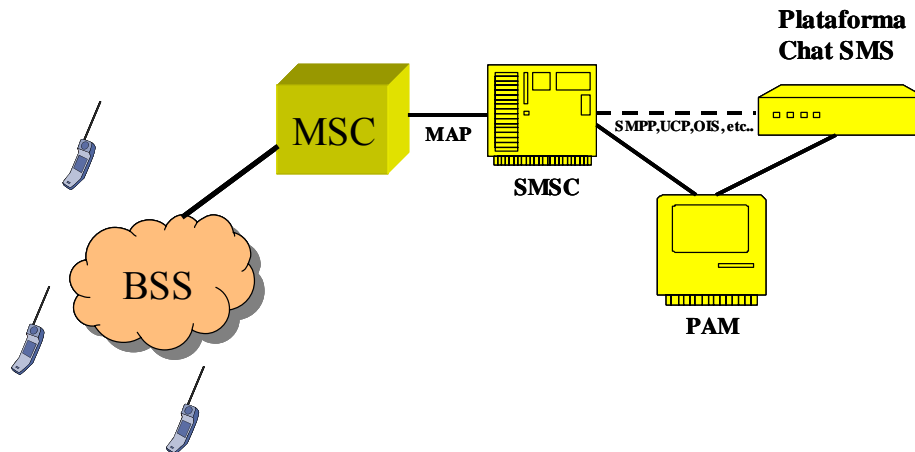


Figura 2.16 Plataforma Chat SMS

2.8.7. SISTEMA DE ACCESO A INFORMACIÓN MEDIANTE SERVICIO DE MENSAJES CORTOS (SMS)

Este tipo de servicio se basa en el empleo de una plataforma capaz de obtener, a partir de las peticiones de los usuarios, la información requerida por éstos.

Los usuarios acceden a éste servicio mediante mensajes cortos aunque también existe la posibilidad de que sea vía vocal, WAP y Web. Los usuarios realizan sus peticiones mediante mensajes cortos destinados a números especiales que incluyen, en ocasiones algún texto.

La plataforma debe ser capaz de traducir estos mensajes en peticiones web que le permitan acceder a los contenidos deseados por los usuarios.

Una vez obtenidos los contenidos de las URLs correspondientes, la plataforma deberá filtrarlos y procesarlos con el objetivo de generar uno o varios mensajes que contengan la información solicitada por los usuarios.

Por ejemplo, si el usuario manda un mensaje corto “Clima en Acapulco” al número especial proporcionado por la operadora para tal efecto, la plataforma gestora recibe el contenido, ingresa a la página de internet respectiva obteniendo la información, posteriormente la envía en forma de mensajes cortos al usuario (figura 2.17).

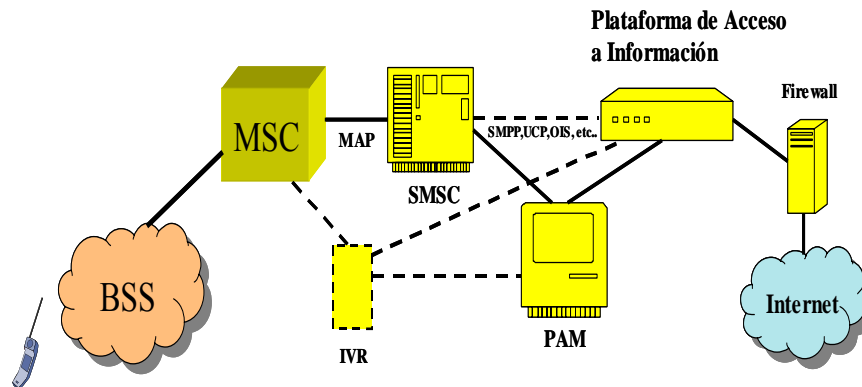


Figura 2.17 Plataforma de Acceso a Información

2.8.8. CORREO ELECTRÓNICO VÍA SERVICIO DE MENSAJES CORTOS (SMS)

Esta plataforma permite los siguientes servicios:

- Envío de correo electrónico desde sus terminales GSM mediante mensajes cortos.
- Envío de correo electrónico desde Internet a terminales GSM. Éstos los recibirán en forma de mensajes cortos.
- Envío de mensajes cortos SMS desde una página de Web a terminales GSM.
- Para poder ofrecer éstos servicios será necesario disponer de una plataforma capaz de realizar las conversiones de formato necesarias entre SMS y correo electrónico (figura 2.18).

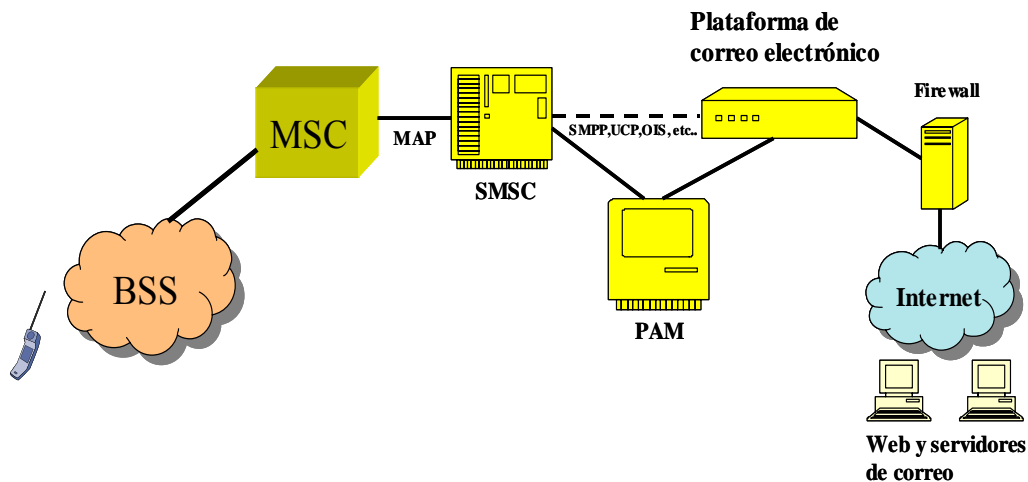


Figura 2.18 Plataforma de correo electrónico.

2.8.9. DESCARGA DE LOGOS Y MELODÍAS

La mayoría de las terminales Nokia de GSM puede recibir éste tipo de elementos “descargables” gracias al empleo de un protocolo propietario llamado Mensajes cortos (Smart Messaging).

Además la estandarización de mensajería mejorada EMS (Enhanced Messaging Service) ha permitido que la mayor parte de fabricantes ofrezcan hoy en día terminales capaces de enviar y recibir éste tipo de elementos. El transporte de estos logos y melodías se hace a través de mensajes cortos SMS(figura 2.19).

El acceso a éste servicio por parte de los usuarios se puede realizar:

- 📱 Mediante mensajes cortos: se puede acceder a un menú con los logos y melodías disponibles, de modo que el usuario pueda solicitar la descarga del elemento deseado.
- 📱 Mediante WAP: el usuario accede a una serie de páginas WML que le permiten seleccionar el logo o melodía que desea descargar a su terminal o a cualquier otro.
- 📱 Mediante Web: el usuario accesa a una serie de páginas HTML que le permiten seleccionar el logo o melodía que desea descargar a su terminal o a cualquier otro.

Además de poder añadir herramientas de edición de logos y composición de melodías, de modo que los usuarios puedan elaborar sus propios contenidos.

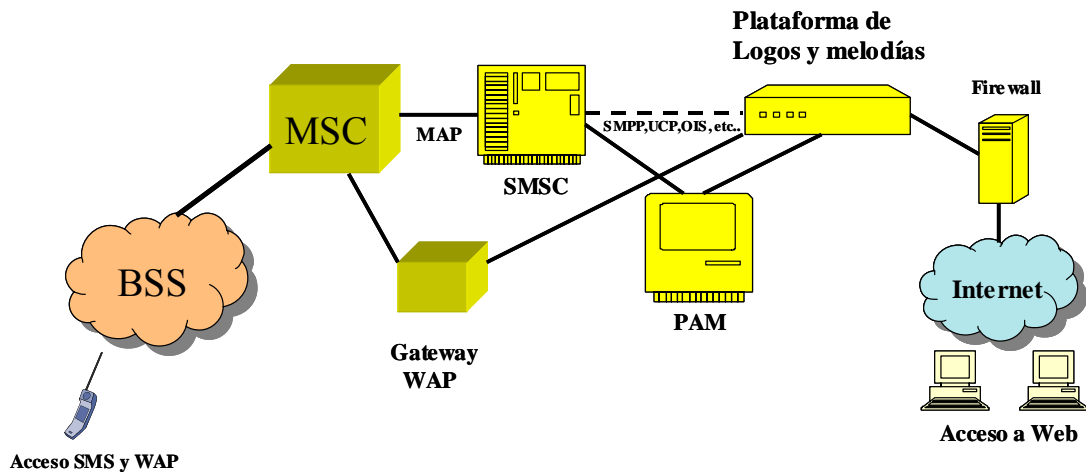


Figura 2.19 Plataforma de logos y melodías

2.8.10. MENSAJERÍA DE SERVICIO COMPLEMENTARIO DE LOS DATOS NO ESTRUCTURADOS USSD

Los mensajes USSD es un mecanismo que permite establecer una comunicación entre los usuarios y aplicaciones específicas definidas por las operadoras (o por terceros) de forma transparente para el terminal y para las entidades de red intermedias.

A diferencia de los mensajes cortos SMS que siguen un esquema de almacenamiento y envío (store and forward), USSD es un mecanismo orientado a sesión, se establece una conexión entre la red y los terminales en el transcurso de la cual se intercambian los mensajes USSD. Las operaciones pueden ser de 2 tipos:

Respuesta USSD.- Pueden ser iniciados tanto por la red como por el terminal. Requieren que la respuesta del otro extremo incluya algún contenido.

Ejemplo: Activación de algún servicio con cadena de caracteres “#”, “*”; compra/venta de algún producto o servicio.

Notificación USSD.-Sólo puede ser iniciada por la Red. El terminal responde con un mensaje de confirmación de recepción, que no incluye contenido.

Ejemplo: Notificación del saldo de un abonado pre-pago, actualización del contenido de la SIM de la terminal.

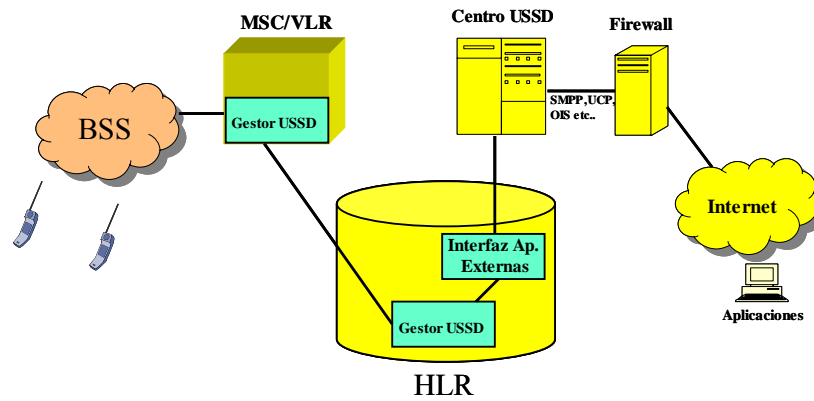


Figura 2.20 Mensajería USSD



CAPITULO III

SUBSISTEMA DE ESTACION BASE (BSS)

3.1. INTRODUCCIÓN

Vía la interfaz aérea, el Subsistema de estación base (BSS, Base Station Subsystem) proporciona una conexión entre las Estaciones Móviles (MS, Movil Station) de una área limitada y el Centro de Conmutación Móvil (MSC, Mobile-services Switching Center). La BSS consta de los siguientes elementos:

- Una o mas Estaciones Base (BTS, Base Tranceiver Station)
- Un Controlador de Estación Base (BSC, Base Station Controller)
- Una unidad de transcodificación/adaptación de velocidad (TRAU, Transcoding Rate and Adaptation Unit)

3.2. ESTACIÓN BASE (BTS)

La BTS proporciona la conexión física de una Estación Móvil (MS, Mobile Station) a la red en forma de la interfaz aérea. En el otro lado, hacia el Subsistema de Red y Conmutación (NSS, Network and Switching Subsystem), la BTS es conectada a el BSC vía la interfaz Abis .El diagrama a bloques y el flujo de señal de una BTS con una Unidad transmisora/receptora (TRX, transmisión/reception unit) se muestra en la figura 3.1

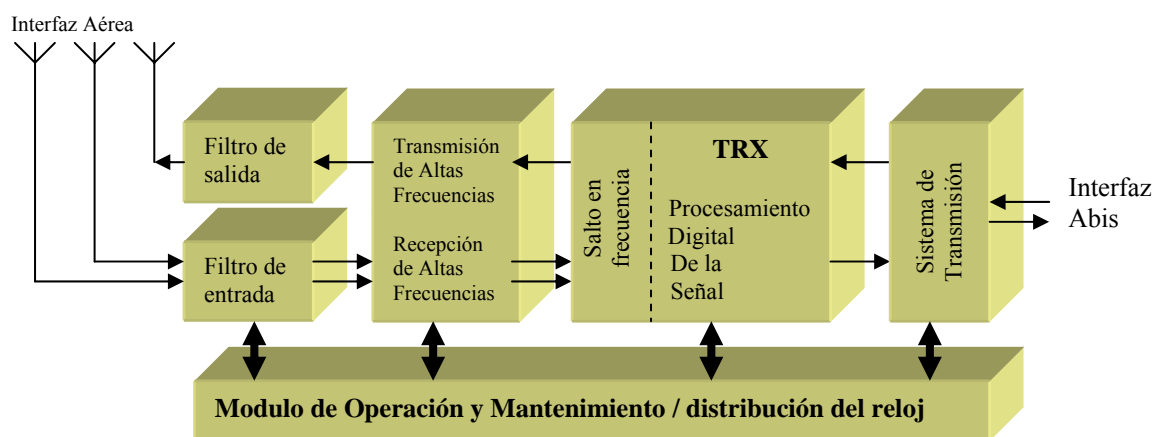


Figura 3.1 diagrama a bloques de una BTS con una TRX



3.2.1. ARQUITECTURA Y FUNCIONAMIENTO DE UNA ESTACIÓN BASE (BTS)

3.2.1.1. MODULO DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN (TRX)

El modulo TRX (transmisión y recepción) es, desde la perspectiva de procesamiento de señal, la parte más importante de una BTS. La TRX consiste en una parte de bajas frecuencias para el procesamiento digital de señales y una parte de altas frecuencias para modulación y demodulación GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying, Desplazamiento Mínimo con prefiltrado Gaussiano). Ambas partes son conectadas vía un separador o una unidad de salto de frecuencias. Las otras partes de la Radio Base esta mas o menos asociada con el modulo de transmisión y recepción y actividades auxiliares o tareas administrativas. Un TRX con una unidad de salto de frecuencia realiza las tareas listadas en la tabla 3.1

Tabla 3.1 Tareas de un Modulo de Transmisión y recepción

Funciones	Bajas Frecuencias de la TRX	Altas Frecuencias de la TRX
Codificación y decodificación del canal	X	
Entrelazado y ordenamiento	X	
Encriptación y descriptación (cifrado)	X	
Brinco de frecuencias lentas	X	
Arranque de formateo	X	
Formateo de trama para la TRAU y conversión en dirección de/hacia la BSC, configuración de LAPD (Protocolo de acceso al canal D) para ser conectado a el BSC	X	
Modulación GMSK de todos los datos de bajada	X	X
Demodulación GMSK de todas las señales recibidas de la unidad móvil	X	X
creación y transmisión del Canal de Control Común de Broadcast(BCCH) en canal 0 del Canal de Control Común de Voceo del modulo de trasmisión y recepción (BCCH-TRX)	X	X
Medición de la fuerza de la señal y calidad para las conexiones activas	X	X
Provisión de los resultados del controlador de estación base (BSC)	X	X



3.2.1.2. MODULO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (O&M)

El modulo de operación y mantenimiento (O&M) consiste por lo menos de una unidad central, que administra todas las partes de la BTS. Por este propósito, este se conecta directamente a la BSC por medio de un canal (O&M) específicamente asignado. Eso permite al modulo (O&M) procesar los comandos directamente del BSC o el Centro de Conmutación Móvil (MSC, Mobile Switching Center) dentro de la BTS e informar los resultados.

Típicamente, la unidad central también contiene el sistema y software para el funcionamiento de los TRXs. Eso le permite ser recargado cuando sea necesario, sin la necesidad de “consultar” la BTS. Además, el modulo O&M proporciona una interfaz humano-maquina que permite control local de la BTS.

3.2.1.3. MODULO DE RELOJ

Los módulos para generación del reloj y distribución también son parte del área de O&M. Aunque la tendencia es derivar el reloj de la referencia de la señal de PCM (Pulse Code Modulation) en la interfaz Abis, una BTS tiene que ser probada en un ambiente autónomo, es decir, sin una conexión a un BSC o cuando el reloj de la señal PCM no esta disponible en el enlace. Hay un pequeño ahorro benéfico en el aprovechamiento de la señal de reloj proveniente de la señal de PCM. Para hacer esto mucho mas barato pueden ser aplicados generadores de reloj internos, dado que ellos no requieren la misma estabilidad a largo plazo como un generador independiente de reloj, además, no hay necesidad de chequeos frecuentes para mantenimiento en el modulo de reloj, ya que ellos mismos se sincronizan con el reloj dado por el enlace con PCM.

Al analizar los errores en el manejo de llamadas, particularmente en el área de handover, incluso las desviaciones menores del reloj tienen que ser consideradas como las posibles causas para los errores. GSM requiere que todos las TRXs de una BTS usen la misma señal de reloj, la exactitud de la señal tiene que tener una precisión de al menos 0.05 partes de millón. Por ejemplo, un generador de reloj que derive el pulso de una señal de 10 Mhz. tiene que poder proporcionar una exactitud de frecuencia de $10 \text{ Mhz} \pm 0.5 \text{ Hz}$.

3.2.1.4. FILTROS DE ENTRADA Y SALIDA

Los filtros de entrada y salida son usados para limitar el ancho de banda de las señales de recepción y transmisión. El filtro de entrada es un filtro nanoajustable de banda ancha que permite pasar todas las frecuencias GSM 900, DCS 1800, ó PCS 1900 en la dirección de subida. En contraste, los filtros remoto-controlables o filtros de banda ancha son usados para limitar la señal de salida a 200 KHz.

3.2.2. CONFIGURACIÓN DE UNA ESTACIÓN BASE (BTS)

Existen diferentes configuraciones, dependiendo de la carga, conducta del subscritor, y cambio de la estructura, tiene que ser considerada una óptima cobertura de radio de un área.

3.2.2.1. CONFIGURACIÓN ESTÁNDAR

A todas las BTS se les asignan diferentes identidades celulares. Un número de BTS (en algunos casos, una sola BTS) forma un área. La figura 3.2 muestra tres áreas con una, tres y cinco BTS. Los sistemas normalmente no son bien sincronizados, esto implica que la sincronización para realizar el handover entre las BTS sea más complicada. Este método de implementación de BTS es el más frecuente.

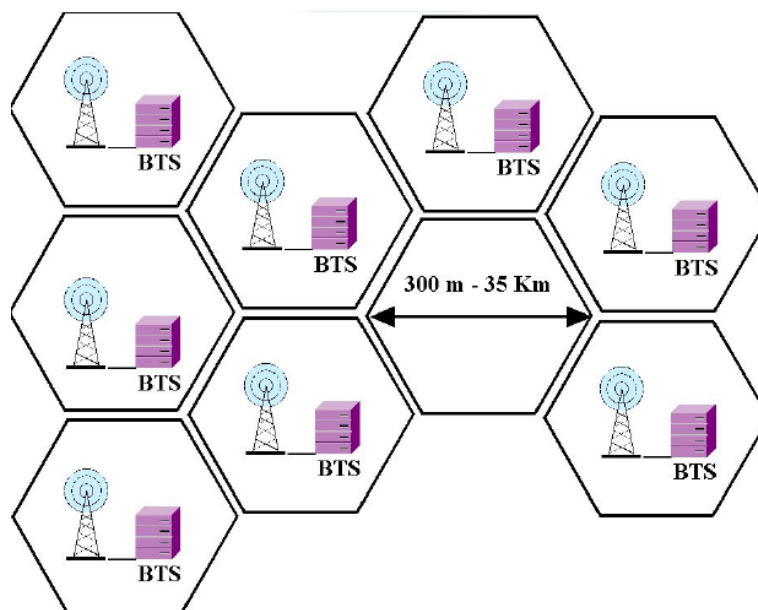


Figura 3.2 BTS en configuración estándar

3.2.2.2. CONFIGURACIÓN EN SOMBRILLA

La configuración en sombrilla consta de una BTS con alto poder de transmisión y una antena alta que sirve como una “sombrilla” para varias BTS con bajo poder de transmisión y diámetro pequeño como se muestra en la figura 3.3

La configuración de sombrilla tiene sus ventajas en ciertas situaciones por consiguiente puede resultar en el alivio de la carga y una mejora en la red. Por ejemplo, cuando los automóviles se están moviendo a gran velocidad a través de una red de celdas pequeñas, para realizar los handovers casi consecutivos de una celda a la siguiente, es necesario mantener una celda activa.

Esta situación es aplicable en ambiente urbano sobre sus carreteras, por consiguiente, los handovers producen un aumento sustancial de la carga de la señalización por la red así como una degradación de la calidad de la señal insufrible para el usuario final. Por otro lado, las pequeñas celdas son requeridas para cumplir con la demanda de cobertura en un ambiente urbano.

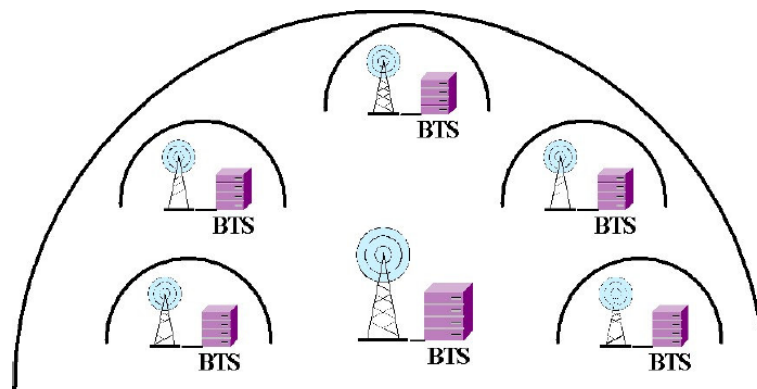


Figura 3.3 Configuración en sombrilla de una celda con cinco pequeñas Celdas

La configuración de sombrilla puede protegerse de la sobrecarga cuando el movimiento rápido del tráfico de usuarios es asignado a ella. Por otro lado reduce la carga de la señalización de las celdas pequeñas y mejora la calidad de la señal por el movimiento rápido



del tráfico. La velocidad de un usuario puede determinarse con suficiente exactitud por el cambio del parámetro avance de tiempo TA (Timing Advance) el cual indica la longitud de tiempo de una señal que tarda en llegar de la MS a la BTS. Este valor se actualiza en el BSC cada 480 milisegundos (ms) por medio de los datos proporcionados en el mensaje MEAS_RES (MEASurement RESult) el cual transfiere la medida actual resultante del BTS (medida del enlace de subida).

Estas medidas contienen el nivel de envío de la celda en servicio y de la celda vecina en el caso de una conexión activa. El BSC decide si usa la configuración de sombrilla ó una de las celdas pequeñas.

3.2.2.3. SECTORIZACIÓN DE RADIO BASES (BTS's)

El termino sectorización de BTS se refiere a una configuración en que se colocan varios BTS en un sitio pero sus antenas cubren solo una área de 120 o 180 grados. La figura 3.4 ilustra esta configuración. Se lleva a cabo con BTSS con pocos RTX y el poder de transmisión bajo, como en la configuración de sombrilla. Esta configuración se usa principalmente en las áreas altamente pobladas. Una peculiaridad radica en la facilidad de sincronizar bien las celdas entre sí que permite el handover sincronizado entre ellas, aunque en una configuración de sectorización, un canal por BTS tiene que ser usado para la generación del BCCH (canal de control común de Broadcast).

Tal configuración tiene las siguientes ventajas:

- ✚ Sectorizando las BTS están bien preparadas para una conexión de serie de la interfaz Abis. Esta configuración tiene el potencial para ahorrar los costos para las líneas de acceso al BSC, por otra parte, los múltiples sitios requieren múltiples líneas.
- ✚ Desde la perspectiva de radio, la ventaja de usar las celdas con un ángulo de 120 grados es que permite reuso de frecuencias en un sector (una dirección), que por otra parte causaría interferencia con las celdas vecinas si una celda omnidireccional fue usada.
- ✚ La sectorización alivia la demanda para las frecuencias, particularmente en un ambiente urbano.

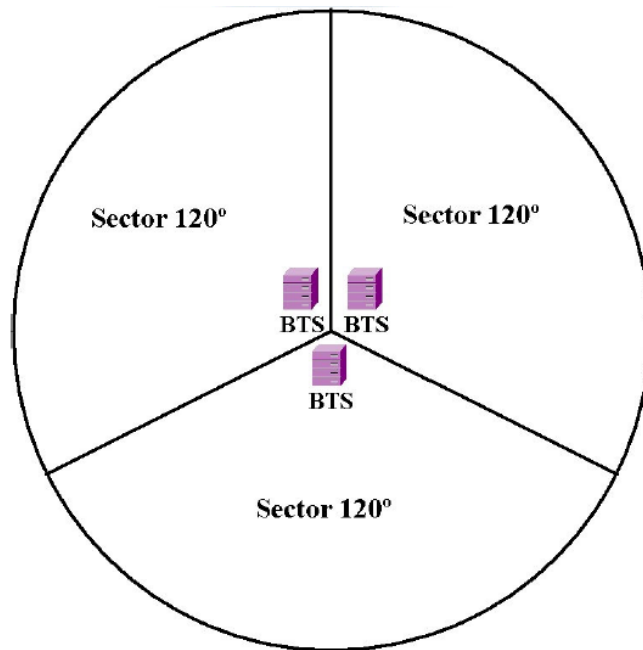


Figura 3.4 Cobertura de una área con tres BTS sectorizadas. Cada BTS cubre un segmento de 120 grados.

3.3. CONTROLADOR DE ESTACIÓN BASE (BSC)

El BSC forma el centro del Subsistema de Estación Base puede, dependiendo del fabricante, conectar muchas BTS por medio de la interfaz Abis, es, desde una perspectiva técnica, un intercambio digital pequeño con algunas extensiones móviles específicas, el BSC se definió con la intención de quitar la mayoría de las carga de radio del MSC. La arquitectura de BSC y sus tareas son una consecuencia de esa meta, para la simplicidad, la figura 3.5 usa el mismo hardware para la interfaz Abis y la interfaz A, que no es un requisito.

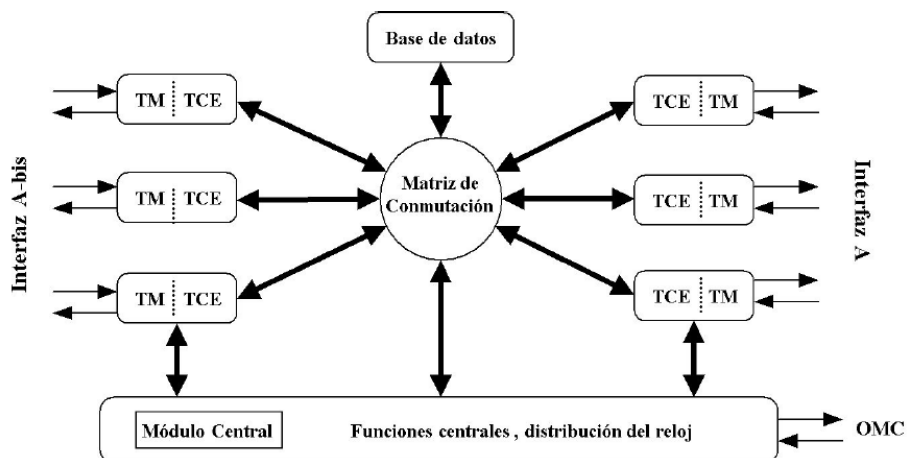


Figura 3.5 Diagrama a bloques de un BSC



3.3.1. ARQUITECTURA Y TAREAS DEL CONTROLADOR DE ESTACIÓN BASE (BSC)

3.3.1.1. MATRIZ DE CONMUTACIÓN

Porque el BSC tiene la funcionalidad de un intercambio digital pequeño. Su función es conmutar los canales de tráfico entrante (interfaz A del MSC) a los canales de la interfaz Abis correctos. Por consiguiente, el BSC tiene una Matriz de Conmutación que cuida de la funcionalidad de relay y puede usarse como bus de control interno.

3.3.1.2. ELEMENTOS DE CONTROL DE TERMINAL DE LA INTERFAZ ABIS

La conexión a la BTS se establece vía los Elementos de control de Terminal (TCE), que, independientemente de la unidad de control BSC, mantiene la función de control de una TRX o una BTS. El número de Abis TCE que un BSC puede contener depende en gran parte en el número de BTS y del fabricante del sistema.

La tarea más grande de los Abis-TCE es establecer las conexiones LAPD (Protocolo de acceso al Canal D) hacia las BTS, transferir datos de señalización y de facturación.

Dependiendo del fabricante, el Abis TCE también puede ser responsable de la administración de los recursos de radio de la BTS. Eso trae consigo la asignación y liberación de señalización y tráfico de canal sobre la interfaz Abis y la interfaz aérea y para la evaluación de resultados de la BTS que involucra canales ocupados y canales en espera, que son relevantes para el control de poder y usados en toma de decisiones sobre el Handover.

La funcionalidad de control final siempre permanece con el BSC, aunque GSM permite a la BTS explícitamente el preproceso de resultados. Dependiendo del fabricante, esas funciones también pueden asumirse o pueden controlarse por una unidad central.

Las conexiones de la Abis-TCE hacia la A-TCE son realizadas por la matriz de conmutación, en el otro lado, las conexiones de PCM se logran por elementos de la transmisión asociados.



3.3.1.3. ELEMENTOS DE CONTROL DE TERMINAL DE LA INTERFAZ A

La conexión de un BSC al MSC se establece vía el A-TCE. Aunque cada BSC se conecta a solo un MSC, un número grande de A-TCE es necesario para soportar la interfaz A, todos los datos de facturación y la mayor parte de datos de señalización del BSS entero tienen que ser llevados sobre la interfaz A.

Entre las tareas que ha de desempeñar se encuentra la de establecer conexiones SS7/SCCP (Sistema de señalización por canal común nº 7/parte de control de conexión de la señal) hacia el MSC. El número de canales necesarios de señalización depende gradualmente de la carga de tráfico.

3.3.1.4. BASE DE DATOS

El BSC es el centro de control del BSS. Por lo tanto, el BSC debe mantener una base de datos relativamente grande en la cual se administran dinámicamente, los estados del mantenimiento de todo el BSS, la calidad de los recursos de radio y recursos terrestres.

Además, la base de datos del BSC contiene el software completo para el funcionamiento de la BTS y toda la información específica del BSS, como las frecuencias asignadas.

3.3.1.5. MODULO CENTRAL

Una de las tareas principales es la de decidir cuando ha de tener lugar un handover. El BSC puede decidir entre handover entre celdas (interno) y handover entre BTS (interno) sin necesitar el MSC. En contraste, para todo handover externo, el BSC necesitan involucrar al MSC, la decisión del handover y control de poder son tareas principales del modulo central.

Otra función que debe realizar el modulo central es la conexión al OMC (Centro de Operación y Mantenimiento). Todo BSS es supervisado y administrado por un OMC vía el BSC.



3.4. UNIDAD DE TRANSCODIFICACIÓN/ADAPTACIÓN DE VELOCIDAD (TRAU)

3.4.1. FUNCIONES DE LA UNIDAD DE TRANSCODIFICACIÓN Y ADAPTACIÓN DE VELOCIDAD

Una de las funciones más interesantes en GSM involucra la unidad de transcodificación /adaptación de velocidad (TRAU) que típicamente se localiza entre el BSC y el MSC, la tarea de TRAU es comprimir o descomprimir la voz entre el MS y la TRAU. El método usado se llama excitación del pulso regular- predicción de periodo largo (RPE-LTP, regular pulse excitation- long term prediction), puede comprimir la voz de 64 Kbps a 16Kbps, en el caso de un canal fullrate(codificación digital de la voz con una tasa de bit de 13Kbps) y a 8 Kbps en el caso de un canal halfrate(codificación digital de la voz con una tasa de bit de 6.5 Kbps). Note que la TRAU no se usa para la conexión de datos.

3.4.2. SELECCIÓN DEL SITIO POR LA UNIDAD DE TRANSCODIFICACIÓN Y ADAPTACIÓN DE VELOCIDAD

Aunque la compresión de la voz es prevista principalmente para ahorrar recursos sobre la interfaz aérea, también es adecuada para economizar costos de transmisión en las líneas en enlaces terrestres, como ilustra esquemáticamente la figura 3.6. Cuando la TRAU se instala en el mismo sitio de la MSC. Un canal de voz de alta velocidad usa solo 16 Kbps sobre el enlace de la BSC a la MSC.

Las características técnicas permiten la instalación de la TRAU entre la BTS y el BSC. Eso requiere, sin embargo, el uso de canales de 64 Kbps entre el BSC y el MSC y por lo tanto el uso de más enlaces (ver la parte baja de la figura 3.6).

Por consiguiente, esta variante solo se usa infrecuentemente, de hecho, la mayoría del tiempo, la TRAU se instala en el sitio del MSC para obtener el mayor beneficio de la compresión.

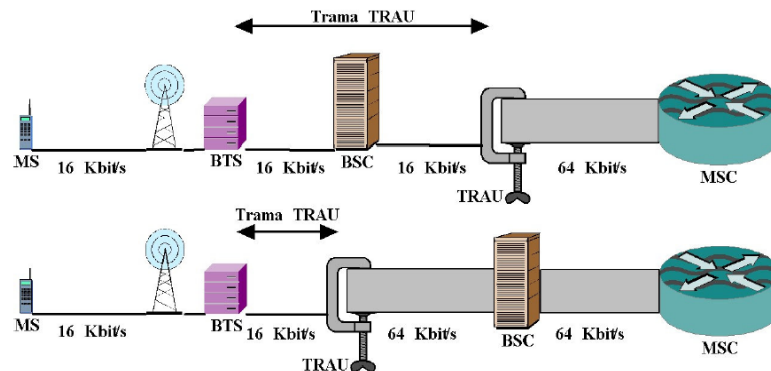


Figura 3.6 Posible ubicación para la TRAU en cadena con la señal

3.4.3. RELACIÓN ENTRE LA UNIDAD DE TRANSCODIFICACIÓN Y ADAPTACIÓN DE VELOCIDAD Y LA ESTACIÓN BASE.

La TRAU se asigna funcionalmente al BSS, independientemente de donde realmente se localiza, la razón para eso es lo siguiente:

La BTS y la TRAU tienen una interfaz para facturación y dicha información es transparente al BSC, la facturación se formatea en la trama TRAU, entonces se envía sobre enlaces de PCM entre la TRAU y la BTS en ciclos de 20 ms. Eso aplica en ambas direcciones. Para la conexión de datos, la funcionalidad de compresión tiene que ser apagada. El tipo de conexión (datos/voz) es comunicado a la TRAU durante la asignación del canal de tráfico. La BTS comienza a transmitir las tramas TRAU en el enlace de subida, inmediatamente después de recibir el mensaje CHAN_ACT (activación del canal). Esas tramas TRAU llevan señalización en banda, que se intercambia entre el MTS-TRX (o más precisamente la unidad codificadora) y la TRAU.

Parte de la información de control es, en particular, datos de sincronización, transmisión discontinua (DTX) encendido/ apagado, y el tipo de conexión (half-rate/full-rate).

No obstante la trama TRAU es enviada sobre los canales de tráfico y no sobre los canales de control asociados, las tramas TRAU son muy importantes para el análisis del error en las conexiones de los datos.



3.4.4. LA TRAMA DE LA UNIDAD DE TRANSCODIFICACIÓN/ADAPTACIÓN DE VELOCIDAD

La Tabla 3.4 muestra el formato de una trama TRAU

Bits de datos (D_{xx}):

Los 288 bits de datos de una trama TRAU son divididos en ocho campos de 36 bits.

Bits de control (Bits C):

C1 a C4:

Los bits de control C1 a C4 define la velocidad de datos usada, como se muestra en la tabla 3.2

Tabla 3.2 bits de control de la trama TRAU

C1	C2	C3	C4	Velocidad usada en la interface de radio
1	0	1	1	57,6 kbps
1	0	1	0	33,6 kbps
1	0	0	0	28,8 kbps
0	1	1	1	14,4 kbps

C5:

C5 no es usado, es fijado en “1” binario

Bit M1:

El bit M1 es usado para determinar el orden de la trama TRAU, como se muestra en la tabla 3.3

Tabla 3.3 Identificador de inicio de trama TRAU

	Bit M1
Primer trama TRAU	0
Segunda trama TRAU	1

Bit M2:

El bit M2 indica el modo de transporte

En modo de transporte se fija en 0 binario y en no transporte se fija en 1 binario

Bit Z:

Los bits Z_i son usados por el mecanismo de substitución de patrón



Tabla 3.4 Trama TRAU con la especificación de sus bits

Numero de octeto	Numero de bit								
	0	1	2	3	4	5	6	7	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	1	C1	C2	C3	C4	C5	M1	M2	
3	Z1	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	
4	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	36 bits de datos campo 1
5	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	
6	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31	
7	D32	D33	D34	D35	D36	Z2	D1	D2	
8	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	
9	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	36 bits de datos campo 2
10	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	
11	D27	D28	D29	D30	D31	D32	D33	D34	
12	D35	D36	Z3	D1	D2	D3	D4	D5	
13	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	
14	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	36 bits de datos campo 3
15	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	
16	D30	D31	D32	D33	D34	D35	D36	Z4	
17	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	
18	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	36 bits de datos campo 4
19	D17	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	
20	D25	D26	D27	D28	D29	D30	D31	D32	
21	D33	D34	D35	D36	Z5	D1	D2	D3	
22	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	
23	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	36 bits de datos campo 5
24	D20	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	
25	D28	D29	D30	D31	D32	D33	D34	D35	
26	D36	Z6	D1	D2	D3	D4	D5	D6	
27	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	
28	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22	36 bits de datos campo 6
29	D23	D24	D25	D26	D27	D28	D29	D30	
30	D31	D32	D33	D34	D35	D36	Z7	D1	
31	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	
32	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	
33	D18	D19	D20	D21	D22	D23	D24	D25	36 bits de datos campo 7
34	D26	D27	D28	D29	D30	D31	D32	D33	
35	D34	D35	D36	Z8	D1	D2	D3	D4	
36	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	
37	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	36 bits de datos campo 8
38	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D27	D28	
39	D29	D30	D31	D32	D33	D34	D35	D36	



3.5 LA INTERFAZ DE RADIO

3.5.1 INTRODUCCION

Un canal de radio es un medio extraordinariamente hostil para establecer y mantener Comunicaciones fiables. Todos los esquemas y mecanismos que usamos para hacer posible la Comunicación en el canal de radio, se agrupan en los procedimientos de la interfaz de radio. En este apartado vamos a interesarnos en todos los procesos que se llevan a cabo en la interfaz de radio, y que son la base de este trabajo.

3.5.2. ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN EN FRECUENCIA (FDMA).

FDMA ("Frequency Division Multiple Access") es la manera más común de acceso truncado. Con FDMA, se asigna a los usuarios un canal de un conjunto limitado de canales ordenados en el dominio de la frecuencia. Cuando hay más usuarios que el suministro de canales de frecuencia puede soportar, se bloquea el acceso de los usuarios al sistema. Cuantas más frecuencias se disponen, hay más usuarios, y esto significa que tiene que pasar más señalización a través del canal de control. Los sistemas muy grandes FDMA frecuentemente tienen más de un canal de control para manejar todas las tareas de control de acceso. Una característica importante de los sistemas FDMA es que una vez que se asigna una frecuencia a un usuario, ésta es usada exclusivamente por ese usuario hasta que éste no necesite el recurso.

3.5.3. ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN EN EL TIEMPO (TDMA).

Los usuarios acceden a un canal de acuerdo con un esquema temporal. Aunque no hay ningún requerimiento técnico para ello, los sistemas celulares, que emplean técnicas TDMA, siempre usan TDMA sobre una estructura FDMA. Un sistema puro TDMA tendría sólo una frecuencia de operación, y no sería un sistema útil.

En los sistemas modernos celulares y digitales, TDMA implica el uso de técnicas de compresión de voz digitales, que permite a múltiples usuarios compartir un canal común utilizando un orden temporal. La codificación de voz moderna, reduce mucho el tiempo que se lleva en transmitir mensajes de voz, eliminando la mayoría de la redundancia y periodos de



silencio en las comunicaciones de voz. Otros usuarios pueden compartir el mismo canal durante los periodos en que éste no se utiliza. Los usuarios comparten un canal físico en un sistema TDMA, donde están asignados unos slots de tiempo. A todos los usuarios que comparten la misma frecuencia se les asigna un slot de tiempo, que se repite dentro de un grupo de slots que se llama trama. Un slot GSM es de 577 μ s y cada usuario tiene uso del canal (mediante su slot) cada 4.615 ms ($577 \mu\text{s} * 8 = 4.615 \text{ ms}$), ya que en GSM tenemos 8 slots de tiempo.

En GSM existen ciento veinticuatro pares de canales que operan en forma full dúplex asignando al enlace ascendente y al descendente diferentes frecuencias portadoras. En el ejemplo de la figura 3.7, un canal se asigna a la portadora de 935.2MHz y otro canal se asigna a la portadora de 890.2 MHz. De ahí en adelante, estos canales multiplexados por división en la frecuencia se multiplexan por división en el tiempo. Como ya hemos dicho, los slots TDMA se asignan con ocho slots por trama. En estos slots operan bits de información y de control. Cada slot individual comprende 156.25 bits. Sin embargo, el usuario sólo recibe 114 bits de este slot; el resto se usa para sincronización y otras funciones de control.

Obsérvese que los canales de enlace ascendente y de enlace descendente tienen la misma estructura. Además, las portadoras se dividen en 124 pares de canales con un espaciado de 200 KHz para evitar interferencias entre canales.

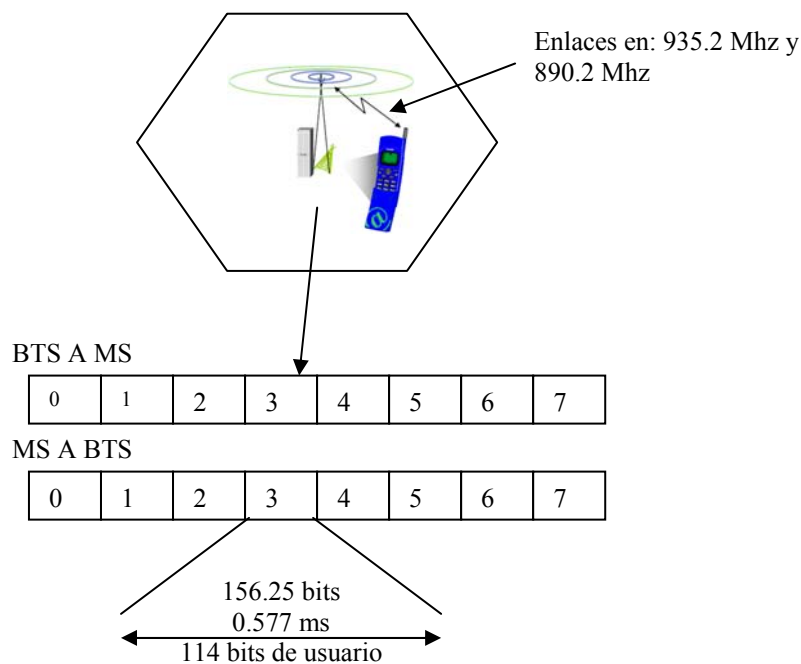


Figura 3.7 ejemplo de asignación de enlace



3.5.4. DÚPLEX POR DIVISIÓN EN FRECUENCIA (FDD).

Debido a que es difícil y muy caro construir un sistema de radio que pueda transmitir y recibir señales al mismo tiempo y por la misma frecuencia, es común definir un canal de frecuencia con dos frecuencias de operación separadas, una para el transmisor y otra para el receptor. Todo lo que se necesita es añadir filtros en los caminos del transmisor y del receptor que mantengan la energía del transmisor fuera de la entrada del receptor. Se podría usar una antena común como un sistema de filtrado simple. Los sistemas de filtrado se llaman duplexores y nos permiten usar el canal (par de frecuencias) en el modo full-duplex; es decir, el usuario puede hablar y escuchar al mismo tiempo.

3.5.5. FRECUENCIAS Y CANALES LÓGICOS.

GSM utiliza dos bandas de 25 MHz para transmitir y para recibir (FDD). La banda de 890-915 MHz se usa para las transmisiones desde la MS hasta el BTS ("uplink") y la banda de 935-960 MHz se usa para las transmisiones entre el BTS y la MS ("downlink"). GSM usa FDD y una combinación de TDMA y FHMA para proporcionar a las estaciones base y a los usuarios un acceso múltiple. Las bandas de frecuencias superiores e inferiores se dividen en canales de 200 KHz llamados ARFCN ("Absolute Radio Frequency Channel Number" ó Números de Canales de Radio Frecuencia Absolutos). El ARFCN denota un par de canales "uplink" y "downlink" separados por 45 MHz y cada canal es compartido en el tiempo por hasta 8 usuarios usando TDMA.

Cada uno de los 8 usuarios usan el mismo ARFCN y ocupan un único slot de tiempo (TS) por trama. Las transmisiones de radio se hacen a una velocidad de 270.83 kbps usando modulación digital binaria GMSK ("Gaussian Minimum Shift Keying") con $BT=0.3$. El BT es el producto del ancho de banda del filtro por el periodo de bit de transmisión. Por lo tanto, la duración de un bit es de 3.692 ms, y la velocidad efectiva de transmisión de cada usuario es de 33.85 kbps (270.83 kbps/8 usuarios). Con el estándar GSM, los datos se envían actualmente a una velocidad máxima de 24.7 kbps. Cada TS tiene un tamaño equivalente en un canal de radio de 156.25 bits, y una duración de 576.92 μ s como se muestra en la figura 3.8 y una trama TDMA simple en GSM dura 4.615 ms. El número de total de canales disponibles dentro de los 25 MHz de banda es de 125 (asumiendo que no hay ninguna banda

de guarda). Dado que cada canal de radio está formado por 8 slots de tiempo, hacen un total de 1000 canales de tráfico en GSM. En implementaciones prácticas, se proporciona una banda de guarda de la parte más alta y más baja de espectro de GSM, y disponemos tan solo de 124 canales. La combinación de un número de TS y un ARFCN constituyen un canal físico tanto para el "uplink" como para el "downlink". Cada canal físico en un sistema GSM se puede proyectar en diferentes canales lógicos en diferentes tiempos. Es decir, cada slot de tiempo específico o trama debe estar dedicado a manipular el tráfico de datos (voz, facsímil o teletexto), o a señalar datos (desde el MSC, la estación base o la MS). Las especificaciones GSM definen una gran variedad de canales lógicos que pueden ser usados para enlazar la capa física con la capa de datos dentro de las capas de la red GSM. Estos canales lógicos transmiten eficientemente los datos de usuario, a parte de proporcionar el control de la red en cada ARFCN. GSM proporciona asignaciones explícitas de los slots de tiempo de las tramas para los diferentes canales lógicos.

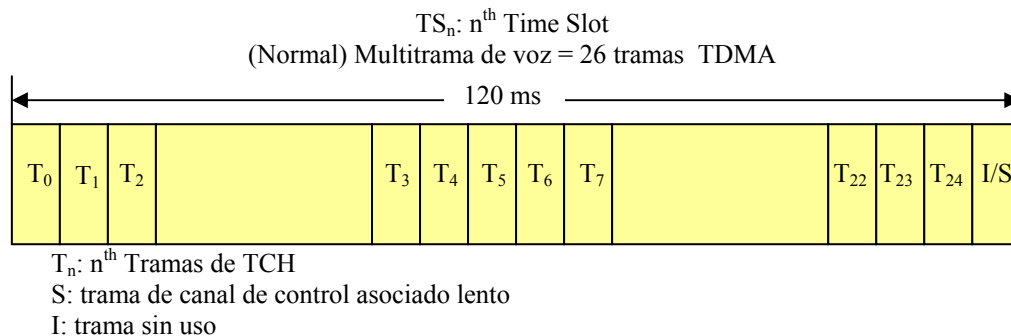
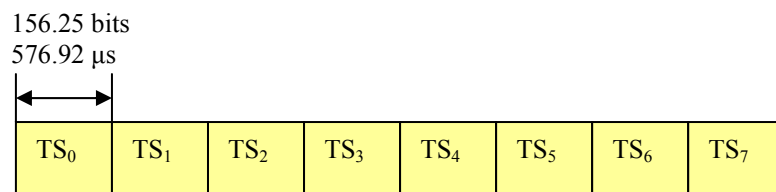


Figura 3.8 una trama de voz y la estructura multitrama

Los canales lógicos se pueden separar en dos categorías principalmente:

- Los Canales de Tráfico (TCH).
- Los Canales de Control.



Los TCHs llevan voz codificada digitalmente o datos y tienen funciones idénticas y formatos tanto para el "downlink" como para el "uplink". Los canales de control llevan comandos de señalización y control entre la estación base y la estación móvil. Se definen ciertos tipos de canales de control exclusivos para el uplink o para el downlink. Hay seis clases diferentes de TCHs y un número aún mayor de Canales de Control, que vamos a describir brevemente a continuación.

3.5.6. CANALES DE TRÁFICO.

Los canales de tráfico en GSM pueden ser de velocidad completa ("full-rate") o de velocidad mitad ("half-rate"), y pueden llevar voz digitalizada o datos de usuario. Cuando transmitimos a velocidad completa, los datos están contenidos en un TS por trama. Cuando transmitimos a velocidad mitad, los datos de usuario se transportan en el mismo slot de tiempo, pero se envían en tramas alternativas. En GSM, los datos TCH no se pueden enviar en el TS 0 ("time slot 0") sobre ciertos ARFCNs ya que este TS está reservado para los canales de control en la mayoría de las tramas. Además, cada trece tramas TCH se envía un canal de control asociado lento (SACCH) o tramas "idle". A cada grupo de 26 tramas consecutivas TDMA se le llama multitrama. De cada 26 tramas, la decimotercera y la vigesimosexta se corresponden con datos SACCH, o tramas "idle". La 26ª trama contiene bits idle para el caso cuando se usan TCHs a velocidad completa, y contiene datos SACCH cuando se usa TCHs a velocidad mitad. Los TCHs se usan para llevar voz codificada o datos de usuario. Se definen en GSM dos formas generales de canales de tráfico:

-Canal de Tráfico a Velocidad Completa (TCH/F). Este canal transporta información a una velocidad de 22.8 kbps.

-Canal de Tráfico a Velocidad Mitad (TCH/H). Este canal transporta información a una velocidad de 11.4 kbps.

Para transportar voz codificada se van a utilizar dos tipos de canales:

-Canal de Tráfico a Velocidad Completa para Voz (TCH/FS). Lleva voz digitalizada a 13 kbps. Después de la codificación del canal la velocidad es de 22.8 kbps.



-**Canal de Tráfico a Velocidad Mitad para Voz (TCH/HS)**. Ha sido diseñado para llevar voz digitalizada que ha sido muestreada a la mitad que la de un canal a velocidad completa. En este aspecto GSM se ha anticipado a la disponibilidad de codificadores normalizados de voz a velocidades de unos 6.5 kbps. Después de la codificación del canal, la velocidad es de 11.4 kbps.

Para llevar datos de usuario se definen los siguientes tipos de canales de tráfico:

-**Canal de Tráfico a Velocidad Completa para Datos a 9.6 kbps (TCH/F9.6)**. Lleva datos de usuario enviados a 9600 bps. Con la codificación de corrección de errores aplicada según el estándar GSM, los datos se envían a 22.8 bps.

-**Canal de Tráfico a Velocidad Completa para Datos a 4.8 kbps (TCH/F4.8)**. Lleva datos de usuario enviados a 4800 bps. Con la codificación de corrección de errores aplicada según el estándar GSM, los datos se envían a 22.8 bps.

-**Canal de Tráfico a Velocidad Completa para Datos a 2.4 kbps (TCH/F2.4)**. Lleva datos de usuario enviados a 2400 bps. Con la codificación de corrección de errores aplicada según el estándar GSM, los datos se envían a 22.8 bps.

-**Canal de Tráfico a Velocidad Mitad para Datos a 4.8 kbps (TCH/H4.8)**. Lleva datos de usuario enviados a 4800 bps. Con la codificación de corrección de errores aplicada según el estándar GSM, los datos se envían a 11.4 bps.

-**Canal de Tráfico a Velocidad Mitad para Datos a 2.4 kbps (TCH/H2.4)**. Lleva datos de usuario enviados a 2400 bps. Con la codificación de corrección de errores aplicada según el estándar GSM, los datos se envían a 11.4 bps.

3.5.7. CANALES DE CONTROL.

Se definen tres categorías de canales de control: difusión ("broadcast" ó BCH), comunes (CCCH) y dedicados (DCCH). Cada canal de control consiste en varios canales lógicos distribuidos en el tiempo para proporcionar las funciones de control necesarias en GSM. Los canales de control downlink BCH y CCCH se implementan sólo en ciertos canales ARFCN y



se localizan en slots de tiempo de una forma específica. Concretamente, éstos canales se localizan solo en el TS 0 y se emiten sólo durante ciertas tramas dentro de una secuencia repetitiva de 51 tramas (llamada multitrama de control del canal) sobre aquellos ARFCNs que se diseñan como canales "broadcast". Desde TS1 hasta TS7 se lleva canales de tráfico regulares.

En GSM se definen 34 ARFCNs como canales "broadcast" estándar. Para cada canal "broadcast", la trama 51 no contiene ningún canal "downlink" BCH o CCCH y se considera como una trama idle. Sin embargo, el canal "uplink" CCH puede recibir transmisiones durante el TS 0 de cualquier trama (incluso la trama "idle"). Por otra parte, los datos DCCH se pueden enviar durante cualquier slot de tiempo y en cualquier trama, y hay tramas completas dedicadas específicamente para algunas transmisiones DCCH. Vamos a pasar a describir los diferentes tipos de canales de control.

3.5.8. CANALES "BROADCAST" (BCH).

El BCH opera en el "downlink" de un ARFCN específico dentro de cada celda, y transmite datos sólo en el primer slot (TS 0) de algunas tramas GSM. Al contrario que los TCHs que son dúplex, los BCHs solo usan el "downlink". El BCH sirve como un canal guía para cualquier móvil cercano que lo identifique y se enganche a él. El BCH proporciona sincronización para todos los móviles dentro de la celda y se monitoriza ocasionalmente por los móviles de celdas vecinas para recibir datos de potencia y poder realizar las decisiones de handover. Aunque los datos BCH se transmiten en TS0, los otros siete slots de una trama GSM del mismo ARFCN están disponibles para datos TCH, DCCH ó están fijados por ráfagas vacías ("dummy").

Dentro de los canales BCH se definen tres tipos de canales separados que tienen acceso al TS0 durante varias tramas de la multitrama de control formada por 51 tramas. La figura 3.9 muestra cómo se colocan las tramas en un BCH. A continuación se describir los tres tipos de canales BCH.



Canal de Control de "Broadcast" (BCCH)- El BCCH es un canal downlink que se usa para enviar información de identificación de celda y de red, así como características operativas de la celda (estructura actual de canales de control, disponibilidad de canales, y congestión). El BCCH también envía una lista de canales que están en uso en una celda. Desde la trama 2 a la 5 de una multitrama de control están contenidos los datos BCCH. Debe notarse que en el TS0 (time slot 0) contiene datos BCCH durante tramas específicas, y contiene otro tipo de canales BCH, canales de control comunes (CCCHs), o tramas idle, en otras tramas hasta completar las 51 tramas que forman la multitrama de control.

Canal Corrector de Frecuencia (FCCH) - El FCCH es una ráfaga de datos que ocupa el TS0 para la primera trama dentro de la multitrama de control, y que se repite cada diez tramas. El FCCH permite a cada estación móvil sincronizar su frecuencia interna de oscilación a la frecuencia exacta de la estación base.

Canal de Sincronización (SCH) - El SCH se envía en el TS0 de la trama inmediatamente después del FCCH y se usa para identificar a la estación base servidora mientras que permite a cada móvil la sincronización de las tramas con la estación base. El número de trama (FN), que oscila entre 0 hasta 2,715,647, se envía con el código de identificación de la estación base (BSIC) durante la ráfaga SCH. El BSIC es asignado individualmente a cada BTS en un sistema GSM. Dado que un móvil puede estar hasta a 30 km de la BTS, es necesario frecuentemente ajustar la temporización de un usuario móvil particular de forma que la señal recibida en la estación base se sincroniza con el reloj de la estación base.

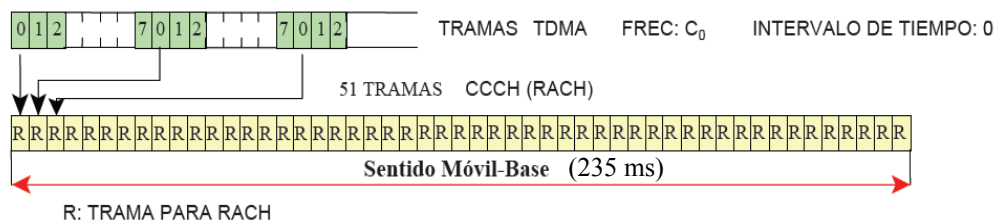
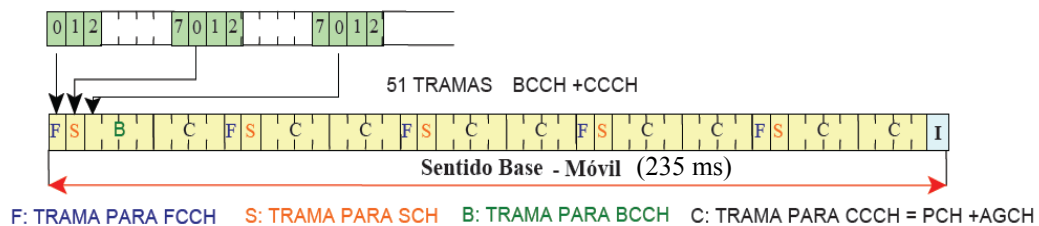


Figura 3.9 Multitramas de control para el downlink y para el uplink



3.5.9. CANALES DE CONTROL COMUNES (CCCH).

En aquellos ARFCN reservados para BCHs, los canales de control comunes ocupan el TS0 de cada trama que no esté ocupada por los BCHs o por tramas idle. Un CCCH puede estar formado por tres tipos diferentes de canales: el canal de búsqueda (PCH) "downlink", el canal de acceso aleatorio (RACH) "uplink", y el canal de acceso concedido (AGCH) "downlink". Como vemos en la Figura 3.9, los CCCHs son los más comunes dentro de los canales de control y se usan para buscar a los abonados, asignar canales de señalización a los usuarios, y recibir contestaciones de los móviles para el servicio. Vamos a describir estos tipos de canales.

Canal de Búsqueda (PCH) - El PCH proporciona señales de búsqueda a todos los móviles de una celda, y avisa a los móviles si se ha producido alguna llamada procedente de la PTSN. El PCH transmite el IMSI (Identificación de Abonado Móvil Internacional) del abonado destino, junto con la petición de reconocimiento de la unidad móvil a través de un RACH. Alternativamente, el PCH se puede usar para proporcionar envíos de mensajes tipo ASCII en las celdas, como parte del servicio SMS de GSM.

Canal de Acceso Aleatorio (RACH) - El RACH es un canal "uplink" usado por el móvil para confirmar una búsqueda procedente de un PCH, y también se usa para originar una llamada. El RACH usa un esquema de acceso slotted ALOHA. Todos los móviles deben de pedir acceso o responder ante una petición por parte de un PCH dentro del TS0 de una trama GSM. En el BTS, cada trama (incluso la trama idle) aceptará transmisiones RACH de los móviles durante TS0. Para establecer el servicio, la estación base debe responder a la transmisión RACH dándole un canal de tráfico y asignando un canal de control dedicado (SDCCH) para la señalización durante la llamada. Esta conexión se confirma por la estación base a través de un AGCH.

Canal de Acceso Concedido (AGCH) - El AGCH se usa por la estación base para proporcionar un enlace de comunicaciones con el móvil, y lleva datos que ordenan al móvil operar en un canal físico en particular (en un determinado TS y en un ARFCN) con un canal de control dedicado. El ACCH es el último mensaje de control enviado por la estación base antes de que el abonado es eliminado del control del canal de control. El ACCH se usa por la estación base para responder a un RACH enviado por una MS en la trama CCCH previa.



3.5.10. CANALES DE CONTROL DEDICADOS (DCCH).

Hay tres tipos de canales de control dedicados en GSM, y, como los canales de tráfico, son bidireccionales y tienen el mismo formato y función en el uplink y en el downlink. Como los TCHs, los DCCHs pueden existir en cualquier slot de cualquier ARFCN excepto en el TS0 de los ARFCN de los BCHs. Los Canales de Control Dedicados (SDCCH) se usan para proporcionar servicios de señalización requeridos por los usuarios. Los Canales de Control Asociados Lentos y Rápidos (SACCH y FACCH) se usan para supervisar las transmisiones de datos entre la estación móvil y la estación base durante una llamada.

Canales de Control Dedicados (SDCCH) - El SDCCH lleva datos de señalización siguiendo la conexión del móvil con la estación base, y justo antes de la conexión lo crea la estación base. El SDCCH se asegura que la MS y la estación base permanecen conectados mientras que la estación base y el MSC verifica la unidad de abonado y localiza los recursos para el móvil. El SDCCH se puede pensar como un canal intermedio y temporal que acepta una nueva llamada procedente de un BCH y mantiene el tráfico mientras que está esperando que la estación base asigne un TCH. El SDCCH se usa para enviar mensajes de autenticación y de alerta (pero no de voz). A los SDCCH se les puede asignar su propio canal físico o pueden ocupar el TS0 del BCH si la demanda de BCHs o CCCHs es baja.

Canal de Control Asociado Lento (SACCH) - El SACCH está siempre asociado a un canal de tráfico o a un SDCCH y se asigna dentro del mismo canal físico. Por tanto, cada ARFCN sistemáticamente lleva datos SACCH para todos sus usuarios actuales. El SACCH lleva información general entre la MS y el BTS. En el downlink, el SACCH se usa para enviar información lenta pero regular sobre los cambios de control al móvil, tales como instrucciones sobre la potencia a transmitir e instrucciones específicas de temporización para cada usuario del ARFCN. En el uplink, lleva información acerca de la potencia de la señal recibida y de la calidad del TCH, así como las medidas BCH de las celdas vecinas. El SACCH se transmite durante la decimotercera trama (y la vigésimo sexta si se usa velocidad mitad) de cada multitrama de control (ver Figura 3.8), y dentro de esta trama, los 8 slots se usan para proporcionar datos SACCH a cada uno de los 8 usuarios (ó 16) del ARFCN.



Canales de Control Asociados Rápidos (FACCH) - El FACCH lleva mensajes urgentes, y contienen esencialmente el mismo tipo de información que los SDCCH. Un FACCH se asigna cuando un SDCCH no se ha dedicado para un usuario particular y hay un mensaje urgente (como una respuesta de handover). El FACCH gana tiempo de acceso a un slot "robando" tramas del canal de tráfico al que está asignado. Esto se hace activando dos bits especiales, llamados bits de robo ("stealing bits"), de una ráfaga TCH. Si se activan los stealing bits, el slot sabe que contiene datos FACCH y no un canal de tráfico, para esa trama.

3.5.11. ESTRUCTURA DE LAS TRAMAS EN SISTEMA GLOBAL PARA LAS COMUNICACIONES MÓVILES (GSM).

Cada usuario transmite una ráfaga de datos durante cada slot de tiempo asignado. Las ráfagas normales se usan para transmisiones TCH y DCCH tanto para el ascendente como para el descendente. La Figura 3.10 muestra los cinco tipos posibles de ráfagas de datos usadas en GSM. Las ráfagas normales se usan para transmisiones TCH y DCCH tanto para el "uplink" como para el "downlink".

Las ráfagas FCCH y SCH se usan en el TS0 de las tramas específicas (como se ha visto con anterioridad) para enviar los mensajes de control de frecuencia y sincronización temporal en el descendente. La ráfaga RACH se usa por todos los móviles para acceder al servicio desde cualquier estación base, y la ráfaga vacía se usa para rellenar información en slots inutilizados en el descendente.

La figura 3.11 muestra la estructura de datos dentro de una ráfaga normal. Está formada por 156.25 bits que se transmiten a una velocidad de 270.833333 kbps, de los cuales, 8.25 bits proporcionan un tiempo de guarda al final de cada ráfaga. Otros 114 son bits de información que se transmiten en dos secuencias de 57 bits al comienzo y al final de la ráfaga. En el centro de la ráfaga hay una secuencia de 26 bits de entrenamiento que permiten al ecualizador adaptativo del móvil o de la estación base analizar las características del canal de radio antes de decodificar los datos.

A cada lado de la secuencia de entrenamiento se encuentran los dos "stealing flags". Estos dos "flags" se usan para distinguir si el ST contiene datos de voz (TCH) o control (FACCH), ambos con el mismo canal físico. Durante una trama, el móvil usa un solo ST para transmitir,



uno para recibir, y puede usar seis slots para medir la potencia de la señal de cinco estaciones base adyacentes así como la de su propia estación base.

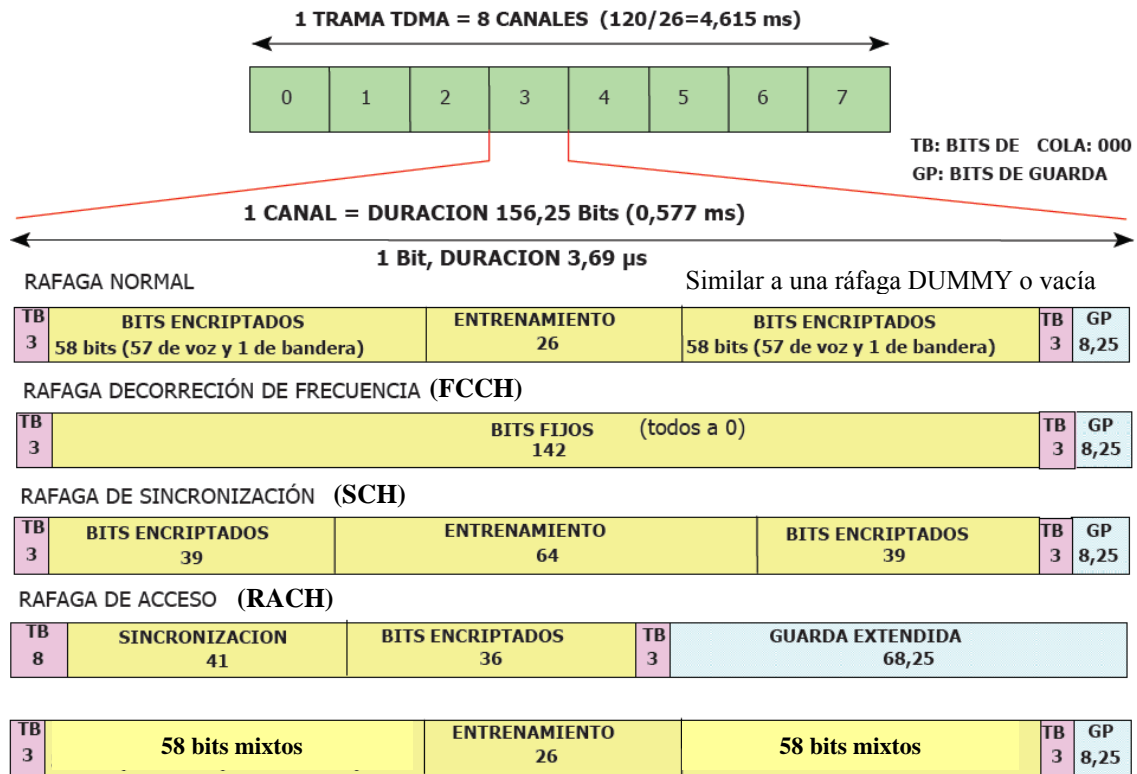


Figura 3.10 Tipos de ráfagas de datos (slots de tiempo) en GSM

Como se muestra en la figura 3.11, hay ocho slots por trama TDMA, y el periodo de trama es de 4.615 ms. Una trama contiene $8 \times 156.25 = 1250$ bits, aunque algunos periodos no se usan. La velocidad de las tramas es de $270.833 \text{ kbps}/1250 \text{ bits/trama}$ es decir 216.66 tramas por segundo.

Las tramas decimotercera y vigésimo sexta no se usan para tráfico, sino para tareas de control. Cada una de las tramas normales se agrupan en estructuras más grandes llamadas multitramas que a su vez se agrupan en supertramas y éstas en hipertramas.

Una multitrama contiene 26 tramas TDMA, y una supertrama contiene 51 multitramas, ó 1326 tramas TDMA. Una hipertrama contiene 2048 supertramas, o 2,715,648 tramas TDMA. Una hipertrama completa se envía cada 3 horas, 28 minutos, y 54 segundos, y es importante en GSM dado que los algoritmos de encriptación relacionan este particular número de tramas,



y sólo se puede obtener una suficiente seguridad si se usa un número suficientemente grande como el que proporciona la hipertrama.

Las multitramas de control ocupan 51 tramas (235.365 ms), a diferencia de las 26 tramas (120 ms) usadas por los canales de tráfico o dedicados. Esto se hace intencionadamente para asegurar que cualquier móvil (si está en la celda servidora o en la adyacente) recibirá con seguridad las transmisiones del SCH y el FCCH del BCH.

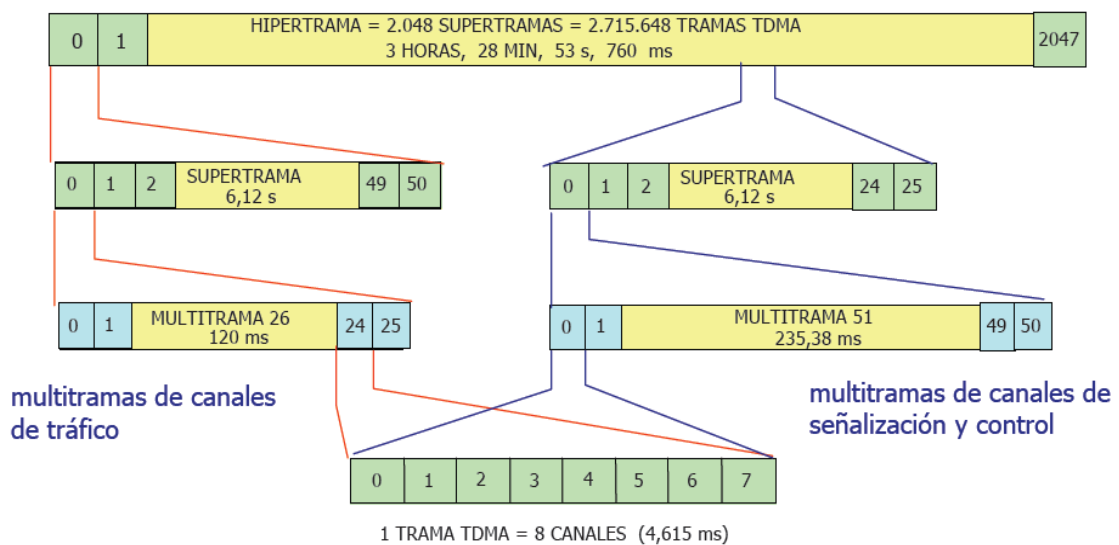


Figura 3.11 Estructura de Trama



CAPITULO IV

ESTACIÓN MÓVIL (MS)

4.1. ESTACIÓN MÓVIL (MS).

La estación móvil (MS) en GSM consiste de dos unidades independientes:

- La tarjeta de modulo de identidad del Suscriptor (SIM)
- El equipo móvil (ME).

La tarjeta SIM es una Smart Card que almacena la información del suscriptor.

El equipo móvil es la Terminal o teléfono el cual contiene el teclado, display, antena y dispositivos electrónicos internos, el cual esta identificado a través de un código IMEI.

En la figura 4.1 se muestra los componentes de una estación móvil.



Figura 4.1 Componentes de una estación móvil

4.2. PROBLEMAS DE TRANSMISIÓN ENTRE ESTACIÓN MÓVIL (MS) Y ESTACIÓN BASE (BTS)

Existen 4 problemas principales que pueden afectar el intercambio de información entre el MS y la BTS los cuales son:



1. Pérdida de trayectoria (path loss): Se origina cuando la distancia entre la estación móvil (MS) y la estación base transceptora (BTS) es demasiado grande.
2. Efecto de sombra (Shadowing): Se origina por obstáculos en el camino (Puentes, edificios, etc.).
3. Tiempo de alineación (Time Aligning): Cuando la señal se monta en otra ranura de tiempo (timeslot) que no le corresponde
4. Multi pérdida (Multi fading): En este concepto se dan dos fenómenos:
 - a) Raleigh: Cuando la señal no se recibe en una trayectoria directa.
 - b) Tiempo de dispersión (Time dispersión): La información no se recibe en el tiempo adecuado.

SOLUCIONES:

1.- Codificar el canal: Calcula la relación de bits erróneos en una transmisión (BER), en caso de que el BER sea mayor de 30% la llamada se interrumpe.

Ejemplo: Bits transmitidos: 1101000110 (10 bits)
Bits recibidos: 1001001010
Errores = 3, BER = 3/10 = 30 %

2.- Entrelazado (interleaving): Entrelazado de la información para contrarrestar el aumento de BER en el paso de una sombra.

Ejemplo: Bloque de mensaje original: 1234123412341234
Bloque de mensaje con entrelazado: 1111222233334444
Si se pierde el segundo bloque por paso de una sombra: 2222



La información recuperada después del decodificador de entrelazado sería $1*341*341*341*34$. El cual representa el 25% de pérdida de un bloque (1234) por lo tanto la pérdida o BER no excede el 30%.

3.- Diversidad de antenas: Colocar 2 antenas de recepción por una de transmisión.

4.3. FUNCIONES DE AHORRO DE POTENCIA EN EL EQUIPO MÓVIL.

4.3.1. TRANSMISIÓN DISCONTINUA (DTX).

El método de transmisión discontinua (DTX) es usado para ahorrar batería a las estaciones móviles. Una estación móvil (MS) envía a la base transceptora (BTS) una señal llamada “Post” para avisar que la salida de transmisión ha sido puesta en apagado (OFF) para el canal de tráfico, entonces la estación base transceptora (BTS) genera un cierto nivel de ruido de fondo para que el otro abonado no piense que la llamada a terminado.

En cuanto la estación móvil (MS) vuelve a detectar presencia de voz después de la pausa envía entonces la señal (Pre) para avisar a la estación base transceptora que la salida de transmisión a sido puesta en encendido (ON).

4.3.2. RECEPCIÓN DISCONTINUA (DRX).

Otro método para ahorrar energía en una estación móvil ((MS) es el llamado Recepción discontinua (DRX). La estación base transceptora (BTS) utiliza el canal de búsqueda (paging) para señalar una llamada entrante, este canal esta dividido en sub-canales.

A cada estación móvil (MS) le es asignado uno de estos sub-canales y solo estará escuchando su propio sub- canal. En el tiempo que se dan los demás subcanales de búsqueda (paging) la estación móvil (MS) puede ir a un modo “sleep” en donde utiliza energía de la batería.

4.4. MODULO DE IDENTIDAD DE SUSCRIPTOR (SIM)

La tarjeta de modulo de identificación de suscriptor (SIM) contiene información acerca del suscriptor y deberá ser insertada dentro del equipo móvil (ME) para habilitar al suscriptor en el uso de la red. Con excepción de las llamadas de emergencia la estación móvil (MS) solo podrá operar si un modulo de identidad de suscriptor (SIM) valida en la red está presente.

La tarjeta de modulo de identificación de usuario (SIM) almacena principalmente 3 tipos de información relacionada con el suscriptor:

Datos fijos almacenados antes de que la suscripción haya sido vencida, por ejemplo: el IMSI, la llave de autenticación (Ki) y los algoritmos de seguridad (A3, A8).

Datos temporales de la red: Área de localización del suscriptor

Datos de servicio: Preferencia de lenguaje, aviso de carga, etc.

Tipos de tarjeta de modulo de identificación de suscriptor (SIM)

Existen dos tipos de tarjetas de modulo de identificación de suscriptor (SIM) en el sistema global de comunicaciones (GSM), la ID-1 SIM(figura 4.2) y la plug – in SIM(figura 4.3). Los interfaces lógicos y eléctricos son idénticos para ambos tipos de tarjetas.



Figura 4.2 tarjeta ID-1 SIM



Figura 4.3 Tarjeta SIM



4.4.1. MODULO DE IDENTIDAD DE SUSCRIPTOR ID – 1 SIM.

El formato y diseño de esta tarjeta cumple con la norma ISO en cuanto a tarjetas con circuito integrado se refiere, generalmente tiene un tamaño parecido al de una tarjeta de crédito bancaria o de las prepagadas de llamadas telefónicas de red pública.

La tarjeta plug in es mas pequeña que la ID-1 esta tarjeta esta normalmente tiene una instalación semi-permanente dentro de la estación móvil (MS).

4.4.2. DATOS QUE LA TARJETA MODULO DE IDENTIDAD DE SUSCRIPTOR (SIM) DEBE TENER DE MANERA OBLIGADA.

Una tarjeta SIM deberá contar con la suficiente capacidad para poder almacenar los siguientes datos:

- Información administrativa: Describe el modo de operación de la SIM (normal, tipo de aprobación).
- Identificador de la tarjeta (IC): información única que identifica a la tarjeta.
- Tabla de servicios de la SIM: Indica cuales servicios opcionales son provistos por la tarjeta (últimos números marcados, indicación de duración de la llamada, selección de PLMN, etc.).
- Identidad de suscriptor móvil internacional: Número de identificación usado por la red para identificar la suscripción.
- Llave de cifrado (Kc).
- Lista de frecuencias del operador para ser usada en la selección de célula.
- Preferencia de lenguaje.
- Numero de identificación personal (PIN) para que el usuario pueda bloquear el uso de la suscripción.
- Identificador de PIN activado/desactivado.
- Contador de error de PUK.
- Llave de identificación de suscriptor (Ki).



4.5. ADMINISTRACION DEL NÚMERO DE IDENTIFICACION PERSONAL (PIN).

El PIN es un numero de 4 a 8 dígitos, un PIN inicial es cargado en la SIM el momento de la suscripción, posteriormente el usuario podrá cambiarlo a conveniencia.

Por medio de una función presente en la estación móvil (MS) el usuario puede bloquear el uso de la suscripción ingresando el PIN para que ninguna persona no autorizada pueda usar el teléfono.




Si después de tres veces el PIN es insertado erróneamente la SIM es bloqueada.

4.6. CLAVE PERSONAL DE DESBLOQUEO (PUK).

Cuando una SIM ha sido bloqueada no es posible hacer uso de la red, para desbloquear la SIM será necesario ingresar un código numérico de 8 dígitos llamado PUK. Si este código es ingresado erróneamente por 10 ocasiones entonces el usuario deberá contactar a su operador de telefonía para restablecer su servicio.





4.7. FUNCIONES DE UNA ESTACIÓN MÓVIL.

Una estación móvil (MS) puede contar con diferentes tipos de funciones las cuales están divididas en:

-  Básicas
-  Suplementarias
-  Adicionales

Las funciones básicas se dividen en obligatorias y opcionales.

Funciones obligatoria de la estación móvil

-  Despliegado del numero llamado
-  Función de teclado DTMF (Tono Dual De Multifrecuencia)
-  Indicadores del progreso de llamada
-  Indicador del proveedor de servicio



- Selección de proveedor
- Indicador de servicio de emergencia
- Administración de carga y descarga del IMSI (Identidad Internacional del Abonado Móvil) grabado en la SIM
- Código IMEI (Identidad Internacional de Equipo Móvil)
- Soporte de A5.1 y A5.2
- Indicador de mensaje corto recibido y saturación del buzón de mensajes cortos.
- Capacidad para hacer llamada de emergencias aun sin la validación de la SIM

Función opcional de la estación móvil

- Interfaces Equipo Terminal De Datos (DTE) y Equipo Terminal De Circuito De Datos (DCE) para servicios de datos
- Interface de terminal Red Digital De Servicios Integrados (ISDN).
- Selección de mensajes cortos a recibir.

Función suplementaria de la estación móvil

- Indicador de carga
- Control de servicios suplementarios

Función adicional de la estación móvil

- Marcación abreviada
- Bloqueo de llamadas salientes
- Bloqueo de llamadas entrantes
- Separación de dígitos (manejo de menús becarios con NIP, número de cuenta, etc.)
- Indicador de carga consumida en la última conversación.
- Memoria de últimos números marcados.



CONCLUSIONES

En primer lugar hemos de significar que con el presente trabajo se conoció mejor el estándar de comunicaciones móviles GSM, en particular de su interfaz de radio. Hemos conocido cada uno de los subsistemas que conforman la infraestructura GSM, así como, las partes fundamentales de cada subsistemas y la funciones que realizan cada uno de ellos, aspectos tales como, la cobertura de la red, tipo de configuración de las estaciones base, la importancia del IMSI, el HLR y el VLR, las interfaces utilizadas en el sistema, problemas de comunicación entre el móvil y la radio base, y otras más.

También se han visto las características del canal de radio y en ellas se han podido conocer sus parámetros fundamentales así de las interferencias y desvanecimientos que pueden aparecer en las transmisiones.

En definitiva, con este trabajo esperamos que al lector le sea útil la información aquí presentada para que se introduzca en los sistemas de comunicación celulares y en particular pueda conocer una pequeña parte de lo que es el estándar GSM.



GLOSARIO DE ACRÓNIMOS.

AUC (Authentication Centre). Elemento que contiene las claves y algoritmos de verificación para el acceso de un usuario a una red de telefonía celular.

BCCH (Broadcasting Control Channel). Canal de control de difusión. Canal de control común en el sistema GSM. Se transmite en el sentido base-móvil. Está permanentemente en el aire para permitir la transferencia de parámetros del sistema e información general de la red, la célula actual y las adyacentes, así como para el envío de ráfagas de sincronización. Permite a la estación móvil "orientarse" en el entorno del sistema.

BSC (Base Station Controller). Controlador de estaciones base.

BSS (Base Station Subsystem). Subsistema de estaciones base.

BTS (Base Transceiver Station). Trasceptor de estación base.

DCS (Digital Cellular System). Sistema de telefonía celular digital de 2ª generación similar al sistema GSM, pero que opera en la banda de 1800MHz

DTX En la transmisión discontinua (DTX) la estación móvil desconecta el transmisor o disminuye el nivel de portadora transmitido en las pausas de la conversación.

EIR (Equipment Identity Register). Registro de identidad de equipo. Base de datos que guarda información relativa al equipo móvil (fabricante, nº de serie,...).

FH (Frequency Hopping). Salto de frecuencia. Se utiliza en GSM. Posibilidad de que los móviles puedan realizar la transmisión en la modalidad de saltos de frecuencia, bajo mandato de la red, para lograr una mayor protección gracias a la diversidad de frecuencia.

FM (Frequency Modulation). Modulación analógica de frecuencia, utilizada en los



sistemas celulares analógicos.

GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying). Modulación digital de frecuencia con filtro gaussiano de premodulación, utilizada en el sistema celular de 2ª generación GSM.

GOS (Grade of Service). Grado de servicio. En sistemas con espera es la probabilidad de que una llamada arbitraria tenga una espera superior a un tiempo especificado en segundos.

GSM (Groupe Spéciale Mobile o Global System for Mobile Communications). Sistema de telefonía celular digital de 2ª generación estandarizado en Europa pero cuyo uso se ha extendido a otras zonas del planeta. 1-1150 Satélite con órbita alta.

HLR (Home Location Register). Base de datos local que contiene información de todos los abonados móviles, relativa a su suscripción y servicios suplementarios.

IMEI (International Mobile Equipment Identity). Identidad del equipo móvil Internacional.

IMSI (International Mobile Subscriber Identity). Identidad de abonado móvil internacional. Se incorpora en el módulo de identidad de abonado (SIM) cuando un abonado utiliza un Terminal.

ISDN (Integrated Services Digital Network). Red digital de servicios integrados.

ITU (International Telecommunications Union). Unión Internacional de Telecomunicaciones.

MAP (Mobile Application Part). Formato que define los métodos y mecanismos de comunicación en las redes sin hilos

MS (Mobile Station). Estación móvil.



MSC (Mobile Switching Center). Centro de Conmutación de Móviles. Su función principal es la de conmutación y encaminamiento de llamadas.

OMS (Operation & Maintenance System). Sistema de operaciones y mantenimiento.

PCH (Paging Channel). Canal de búsqueda. Canal de control común en el sistema GSM. Se transmite desde la base hasta el móvil e informa a la estación móvil de una llamada destinada a la misma.

PIN (Personal Identification Number). Número de identificación personal.

PSTN (Public Switched Telephonic Network). Red telefónica pública conmutada.

SIM (Subscriber Identity Module). Módulo de identificación de usuario. Tarjeta que se inserta en el Terminal móvil y se asocia a una abono celular.

SMS Servicio de mensajes cortos.

SMSC (Short Message Service Center). El SMSC, es el responsable de la transmisión y almacenamiento del un mensaje corto, entre el SME y una estación móvil.

SMS-Gateway/Interworking MSC (SMS-GMSC). Es un MSC capaz de recibir un mensaje corto de un SMSC, interrogando al HLR (Home Location Register) sobre la información de encaminamiento y enviando el mensaje corto al MSC visitado de la estación móvil receptora. El "SMS-Gateway/Interworking MSC" es un MSC capaz de recibir un mensaje corto de la red móvil y enviarlo hacia el SMSC apropiado.

SS (Swithcing System). Sistema de Conmutación.

SS7 (Signaling System 7). Formato que da base a la infraestructura de la red inalámbrica.



SS7 TCAP (SS7 Transation Capabilities Application Part). Servicio usado por MAP.

ST (Signaling Tone). Tono de Señalización un tono de señalización insertado en el canal vocal del sistema TACS, que se utiliza para indicar desconexión, petición para enviar número de la llamada, reconocimiento de orden de hand-off

TRAU (Transcoding Rate and Adaptation Unit). Unidad de transcodificación /adaptación de velocidad

TCH (Traffic Channel). Canal lógico de tráfico en el sistema GSM.

TDMA (Time Division Multiplex Access). Técnica de multiplexación de canales radioeléctricos por división en tiempo, utilizada en algunos sistemas digitales de 2ª generación.

USSD (Unstructured Supplementary Services Data). Es un medio de transmitir información o instrucciones por una red GSM.

VLR (Visitor Location Register). Base de datos que utiliza una NISC para todos los abonados que en un momento dado están en su área de servicio.

WAP (Wireless Application Protocol). Protocolo basado en los estándares de Internet que ha sido desarrollado para permitir a teléfonos celulares navegar a través de Internet.



BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Heine, Gunnar
GSM Networks: Protocols, Terminology and Implementation
Artech House, INC 1999
Pag. 19-30

- 2.- Kahabka, Marc
Pocket Guide for Fundamentals and GSM Testing
Acterna Eningen GmbH
Pag. 7-33

- 3.- Centro de Capacitación de Telefónica
Introducción a GSM
2005
Pag. 1-20, 50-65

4. - Ericsson Communications
GSM Data Transcrip
2006
Pag. 50-80

5. - www.gsmworld.com/technology/index.shtml
6. – www.wordreference.com
- 7.- es.wikipedia.org/wiki/IMEI