

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

“UNIDAD CULHUACAN”

SEMINARIO DE TITULACIÓN PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES.

PROYECTO: DESCRIPCIÓN DE UN SITIO CELULAR GSM Y PARÁMETROS DE CALIDAD DE TELCEL

INTEGRANTES:

Javier Amador Carrera
Luís González Quezada
Morales Hernández Marcelino
Mario Palacio Linares
Paúl Salazar Gómez

INTRODUCCIÓN	7
OBJETIVO	8
CAPITULO I	9
ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE TELEFONÍA CELULAR.	9
INTRODUCCIÓN	10
TRANSMISION DE ONDAS ELECTROMAGNETICAS	12
ONDAS TERRESTRES	12
ONDAS ESPACIALES	15
ONDAS TROPOSFÉRICAS	15
MODULACIÓN.	16
ELEMENTOS DE UN SISTEMA CELULAR	21
ÁREA DE SERVICIO CELULAR Y DEFINICIÓN DE CÉLULAS	22
CAPACIDAD Y REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIAS.	23
COBERTURA	25
CAPACIDAD	26
HANDOVER	26
TRASLAPE DE FRECUENCIAS	26
MULTITRAYECTORIA	27
DELAY SPREAD	28
RAYLEIGH FADING	28
DOPPLER SHIFTS	29
INTERFERENCIA.	30
INTERFERENCIA COCANAL Y CAPACIDAD DEL SISTEMA.	30
INTERFERENCIA ENTRE CANALES ADYACENTES.	31
CONTROL DE POTENCIA PARA REDUCIR LAS INTERFERENCIAS	31
CAPITULO 2	32
TECNOLOGIA GSM	32
INTRODUCCIÓN	33
ARQUITECTURA DE UN SISTEMA GSM.	34
BSS (BASE STATION SUBSYSTEM).	34
MS (MOBILE STATION).	34
BTS (BASE STATION TRANSCEIVER).	34
BSC (BASE STATION CONTROLLER).	35
NSS (NETWORK AND SWITCHING SUBSYSTEM).	35
MSC (MOBILE SERVICES SWITCHING CENTER).	35
HLR (HOME LOCATION REGISTER).	35
VLR (VISITOR LOCATION REGISTER).	35
GMSC (GATEWAY MOBILE SERVICES SWITCHING CENTER).	36
IWF (INTERWORKING FUNCTIONS).	36
OSS (OPERATION SUB SYSTEM).	36
AUC (AUTHENTICATION CENTER).	36
EIR (EQUIPMENT IDENTITY REGISTER).	36
OMC (OPERATION AND MANTEINANCE CENTER).	37

EJEMPLO DE UNA LLAMADA EN GSM	37
ACTUALIZACIÓN DE UBICACIÓN.	38
MODULACION EN GSM	39
MODULACIÓN GMSK ("GAUSSIAN MINIMUM SHIFT KEYING").	39
METODOS DE ACCESO MULTIPLE EN GSM	43
ACCESO A SISTEMAS TRUNCADOS.	43
ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN EN FRECUENCIA (FDMA).	43
ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN EN EL TIEMPO (TDMA).	43
LAS BANDAS DE FRECUENCIA EN GSM	44
GSM 900	44
GSM 1800	44
GSM 1900	44
GSM 800	44
PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES EN GSM	45
CODIFICACIÓN DE LA FUENTE.	45
REQUISITOS PARA LA CODIFICACIÓN DE LA VOZ EN GSM.	46
FUNCIONAMIENTO DE LA CODIFICACIÓN - DESCODIFICACIÓN DE LA VOZ.	46
CODIFICACIÓN POR PREDICCIÓN LINEAL (LPC) Y ANÁLISIS POR EXCITACIÓN DE	
PULSOS REGULARES (RPE).	47
ANÁLISIS POR PREDICCIÓN DE PERIODO LARGO (LTP).	47
TRANSMISIÓN DISCONTINUA.	48
INTERFASES DEL SISTEMA GSM.	49
INTERFAZ UM.	50
INTERFAZ A	50
INTERFAZ A-BIS	50
INTERFAZ B	50
INTERFAZ C	50
INTERFAZ D	51
INTERFAZ E	51
INTERFAZ F	51
INTERFAZ G	51
INTERFAZ H	51
TIPOS DE CANALES EN GSM.	51
CANALES DE TRAFICO.	51
CANALES DE CONTROL.	52
CANALES DE TRÁFICO EN GSM (TCH)	52
CANALES DE TRÁFICO EN FULL RATE	52
CANAL DE VOZ EN FULL RATE (TCH/FR).	52
CANAL DE DATOS A FULL RATE PARA 9.6 KBPS, (TCH/F9.6).	52
CANAL DE DATOS A FULL RATE PARA 4.8 KBPS (TCH/F4.8).	53
CANAL DE DATOS A FULL RATE PARA 2.4 KBPS (TCH/F2.4).	53
CANALES DE TRÁFICO EN HALF RATE	53
CANALES DE VOZ EN HALF RATE (TCH/HS).	53
CANAL DE DATOS EN HALF RATE PARA 4.8 KBPS (TCH/H 4.8).	53
CANAL DE DATOS PARA HALF RATE EN 2.4 KBPS (TCH/H2.4).	53
CANALES DE CONTROL.	53
CANALES DIFUSION (BCH – BROADCAST CHANNEL).	54
BROADCAST CONTROL CHANNEL (BCCH).	54
FREQUENCY CORRECTION CHANNEL (FCCH).	54
SYNCHRONIZATION CHANNEL (SCH).	54
CANALES DE CONTROL COMÚN (CCCH - COMMON CONTROL CHANNELS)	55
CANAL DE BÚSQUEDA (PCH - PAGING CHANNEL).	56

CANAL DE ACCESO ALEATORIO (RACH - RANDOM ACCESS CHANNEL).	56
CANAL DE ACCESO CONCEDIDO (AGCH - ACCESS GRANT CHANNEL).	56
CANALES DE CONTROL DEDICADO (DCCH - DEDICATED CONTROL CHANNELS).	57
CANAL DE CONTROL DEDICADO AUTOSUFICIENTE (SDCCH – STAND-ALONE DEDICATED CONTROL CHANNEL).	57
CANAL DE CONTROL ASOCIADO LENTO (SACCH - SLOW ASSOCIATED CONTROL CHANNEL)	58
CANAL DE CONTROL ASOCIADO RÁPIDO (FACCH – FAST ASSOCIATED CONTROL CHANNEL)	58
USO DE LOS CANALES DE TRAFICO DE GSM	58
LAS RAFAGAS GSM.	59
RÁFAGA NORMAL (NB – NORMAL BURST):	59
RÁFAGA DE CORRECCIÓN DE FRECUENCIA (FB - FREQUENCY CORRECTION BURST):	60
RÁFAGA DE SINCRONIZACIÓN (SB – SYNCHRONIZATION BURST):	61
RÁFAGA VACÍA (DB - DUMMY BURST):	61
RÁFAGA DE ACCESO (AB – ACCES BURST):	62
CLASES DE POTENCIA EN GSM.	63
SALTOS DE FRECUENCIA (FREQUENCY HOPPING).	64
SEÑALIZACIÓN EN GSM.	64
LIMITACIONES DE GSM.	65
REDES ALTERNAS A GSM.	66
HSCSD.	66
GPRS	67
ARQUITECTURA DE RED GPRS.	68
EDGE	70
COMPARACIÓN ENTRE GPRS Y EDGE.	71
SERVICIOS Y APLICACIONES EN GSM	71
SERVICIOS BÁSICOS	71
TELESERVICIOS BÁSICOS:	71
SERVICIOS PORTADORES BÁSICOS:	72
SERVICIOS SUPLEMENTARIOS	72
FUNCIONALIDADES INNOVADORAS DE ERICSSON	73
SERVICIOS DE RED INTELIGENTE	73
SMS	74
DEFINICIÓN.	74
CARACTERÍSTICAS.	74
EVOLUCIÓN.	74
ELEMENTOS DE RED Y ARQUITECTURA DE SMS.	76
OPERACIONES PARA EL ENVÍO DE SMSS.	77
ELEMENTOS DE SERVICIO.	78
PERIODO DE VALIDACIÓN	78
PRIORIDAD	78
PASOS PARA EL ENVÍO.	78
PASOS PARA LA RECEPCIÓN.	78
PRINCIPALES APLICACIONES.	79
GPS	79
USOS DEL GPS.	80
SISTEMA GPS-GSM.	80
SISTEMA DE ENVÍO DE SEÑALES.	80

APLICACIÓN SIM. _____	80
PUK _____	81
PIN _____	81
IMSI _____	81
ROAMING _____	81
CAPITULO 3 _____	83
DESCRIPCION DE UNA BTS. _____	83
INTRODUCCIÓN _____	84
PARARRAYOS. _____	85
ANTENAS. _____	86
POLARIZACIÓN _____	87
PATRÓN DE RADIACIÓN DE LA ANTENA _____	88
GANANCIA DE LA ANTENA _____	89
ACOPLAMIENTO DE IMPEDANCIAS _____	89
ANCHO DE BANDA _____	90
TILT DE LA ANTENA. _____	92
TILT MECÁNICO _____	93
ENLACE DE MICROONDAS. _____	93
SISTEMA A TIERRA FISICA _____	94
LÍNEAS DE TRANSMISIÓN _____	95
TMA (TOWER MOUNTED AMPLIFIER). _____	97
TIPOS DE TMA _____	97
TMA DUPLEX _____	98
TMA DUAL DUPLEX _____	99
TIPOS DE TORRES _____	99
TORRES ARRIOSTRADAS: _____	100
TORRES AUTOSOPORTADAS _____	101
TORRES MONOPOLO: _____	102
EQUIPOS _____	103
RBS (GSM) _____	103
CAPITULO 4 _____	106
PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES EN GSM _____	106
PROCESAMIENTO DIGITAL DE AUDIO (GSM) _____	107
PROCESADO DE SEÑAL EN GSM _____	107
CODIFICACIÓN DE LA SEÑAL DE VOZ _____	108
MÉTODOS DE CODIFICACIÓN _____	108
CODIFICADORES DE LA FORMA DE ONDA _____	109
VOCODERS _____	109
LOS HÍBRIDOS O PARAMÉTRICOS _____	110
FUNCIONAMIENTO DE LA CODIFICACIÓN - DECODIFICACIÓN DE LA VOZ _____	111
CODIFICADOR POR EXCITACIÓN DE PULSOS REGULARES Y PREDICCIÓN DE	
PERIODO LARGO (RPE-LTP). _____	112
PREPROCESAMIENTO ("PRE-PROCESSING"). _____	112

ANÁLISIS LPC.	113
FILTRO DE PREDICCIÓN DE RETARDO LARGO LTP.	115
CÁLCULO RPE.	116
DECODIFICADOR POR EXCITACIÓN DE PULSOS REGULARES Y PREDICCIÓN DE PERIODO LARGO (RPE-LTP).	118
DECODIFICACIÓN RPE.	118
SÍNTESIS DEL FILTRO LTP.	118
SÍNTESIS DEL FILTRO STP.	119
POSTPROCESAMIENTO.	119
<i>CAPITULO 5</i>	120
<i>DESCRIPCION DE INDICADORES DE CALIDAD.</i>	120
LLAMADAS CAIDAS (DROP CALLS).	123
CALIDAD DE VOZ (SPEECH QUALITY).	125
RAZON DE TRAMAS ERRONEAS (FRAME ERROR RATE).	126
ACCESOS ALEATORIOS (RANDOM ACCESS).	126
<i>GLOSARIO</i>	127
<i>CONCLUSIONES</i>	133
<i>BIBLIOGRAFÍA.</i>	134

INTRODUCCIÓN

La Telefonía Celular, es la rama de las telecomunicaciones que ha experimentado uno de los crecimientos más rápidos y amplios durante los últimos años a escala mundial, debido a sus características de movilidad, alta calidad de servicio, eficiencia en el uso de los recursos disponibles y economía. La tasa de crecimiento de los usuarios celulares es considerablemente mayor a la de telefonía fija en muchos países del mundo, entre estos México. Este fenómeno se debe a las ventajas que presenta la telefonía celular con respecto a la telefonía fija.

Nuestro país no escapa a este fenómeno global de las telecomunicaciones, razón por la cual en México, existen diversas compañías que proporcionan el servicio como lo son: Telcel, Telefónica Movistar (antes Pegaso), Iusacell, Unefon y Nextel. Cada una de ellas con sus propias características, equipo y tecnología empleada para proporcionar el servicio, pero en este caso nos enfocaremos específicamente a Telcel, que es la compañía con la que mas he laborado y que cuenta actualmente con dos tecnologías TDMA para prestar los servicios de tecnología analógica (principalmente voz) y GSM que es una tecnología que incluye ya diversos servicios de voz y datos como Internet móvil, búsqueda de sitios etc. y por ende es en la cual profundizaremos, aunque ya se esta preparando la red de 3ra generación también.

Para darnos una idea de la diversidad tecnológica existente en nuestro país comentare que actualmente hay dos proveedores que basan su red en GSM los cuales son Telefónica Movistar y Telcel, dos mas que se basan en CDMA 2000 que son Iusacell y Unefon (ya fusionados), por ultimo uno que se basa en IDEN que es Nextel, las redes basadas en GSM buscan un salto mas para llegar a la llamada 3G con el sistema UMTS, que esta basado en WCDMA, adicionalmente comentare que el sistema CDMA2000 también pertenece a la 3G por lo cual los proveedores de Iusacell y Unefon ya están preparados para transportar una gran cantidad de datos que es la finalidad de esta generación, pero para una buena red celular no todo es la tecnología en que se basan para proporcionar el servicio, además hay que tener adicionalmente una gran infraestructura para soportar a los usuarios y poder proporcionarles el servicio que requieran sin contratiempos perceptibles para este.

La finalidad del reporte consiste en dar nociones de los sistemas celulares, primero se dará una breve explicación de los elementos que conforman un sitio celular para después explicar el funcionamiento de la tecnología GSM y por ultimo se hace referencia a las actividades que hemos realizado durante nuestra labor como ingenieros en este campo de la telefonía celular, que tiene un constante desarrollo.

Adicionalmente al final de este informe se encuentra un glosario de términos, en el cual se definen las palabras y abreviaciones de utilización frecuente en el ambiente de planificación celular y en el desarrollo del informe, este glosario ayudara a entender de mejor manera la explicación realizada a lo largo del reporte.

OBJETIVO

Describir los elementos de una red GSM, arquitectura, funcionamiento y servicios, así como los elementos de calidad requeridos por la portadora de Telcel para asegurar el óptimo desempeño de la red que opera actualmente en México.

Dirigido a personas interesadas conocer los elementos que constituyen la red GSM, su funcionamiento, servicios y la manera de garantizar su correcto funcionamiento.

CAPITULO I
ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE TELEFONÍA
CELULAR.

INTRODUCCIÓN

A continuación se describirán brevemente algunos conceptos necesarios para comprender el funcionamiento de la telefonía celular.

El Espectro Electromagnético está compuesto por las ondas de radio, las infrarrojas, la luz visible, la luz ultravioleta, los rayos X y los rayos gamas: todas estas son formas de energía similares, pero se diferencian en la FRECUENCIA y la LONGITUD de su onda (como se indica en la figura)



Figura

1.1 Longitud de onda.

Las Frecuencias se miden en "Hertz" (ciclos por segundo); en telecomunicaciones se usan los siguientes múltiplos de esta medida para las frecuencias de radio:

Múltiplo	Abrev.	Hertz
KiloHertz	KHz	1.000Hz
MegaHertz	MHz	1.000KHz
GigaHertz	GHz	1.000MHz

La longitud de onda se mide en metros; la relación entre frecuencia y amplitud es inversa y la relación entre ambas se expresa en la siguiente ecuación:

$$\frac{300,000,000 \text{ m/s}}{\text{Longitud de onda en metros}} = \text{Frecuencia en Hz}$$

División del espectro radioeléctrico:

DENOMINACIÓN	LONGITUD DE ONDA	GAMA DE FRECUENC.	CARACTERISTICAS	USO TIPICO
VERY LOW FRECUENCIES Frecuencias muy bajas	30.000 m a 10.000 m	10 KHz a 30 KHz	Propagación por onda de tierra, atenuación débil. Características estables.	ENLACES DE RADIO A GRAN DISTANCIA
LOW FRECUENCIES Frecuencias bajas	10.000 m. a 1.000 m.	30 KHz a 300 KHz	Similar a la anterior, pero de características menos estables.	Enlaces de radio a gran distancia, ayuda a la navegación aérea y marítima.
MEDIUM FRECUENCIES Frecuencias medias	1.000 m. a 100 m.	300 KHz a 3 MHz	Similar a la precedente pero con una absorción elevada durante el día. Propagación prevalentemente Ionosférica durante la noche.	RADIODIFUSIÓN
HIGH FRECUENCIES Frecuencias altas	100 m. a 10 m.	3 MHz a 30 MHz	Propagación prevalentemente Ionosférica con fuertes variaciones estacionales y en las diferentes horas del día y de la noche.	COMUNICACIONES DE TODO TIPO A MEDIA Y LARGA DISTANCIA
VERY HIGH FRECUENCIES Frecuencias muy altas	10 m. a 1 m.	30 MHz a 300 MHz	Prevalentemente propagación directa, esporádicamente propagación Ionosférica o Troposférica.	Enlaces de radio a corta distancia, TELEVISIÓN, FRECUENCIA MODULADA
ULTRA HIGH FRECUENCIES Frecuencias ultra altas	1 m. a 10 cm.	de 300 MHz a 3 GHz	Exclusivamente propagación directa, posibilidad de enlaces por reflexión o a través de satélites artificiales.	Enlaces de radio, Radar, Ayuda a la navegación aérea, TELEVISIÓN
SUPER HIGH FRECUENCIES Frecuencias superaltas	10 cm. a 1 cm.	de 3 GHz a 30 GHz	COMO LA PRECEDENTE	Radar, Enlaces de radio
EXTRA HIGH FRECUENCIES Frecuencias extra-altas	1 cm. a 1 mm.	30 GHz a 300 GHz	COMO LA PRECEDENTE	COMO LA PRECEDENTE
EXTRA HIGH FRECUENCIES Frecuencias extra-altas	1 mm. a 0,1 mm.	300 GHz a 3.000 GHz	COMO LA PRECEDENTE	COMO LA PRECEDENTE

TRANSMISION DE ONDAS ELECTROMAGNETICAS

Una onda electromagnética procedente de una antena emisora se expande en todas direcciones según un frente de propagación en forma de esfera; en dos direcciones principalmente, una la terrestre, que avanza sobre la superficie de la Tierra y otra, la espacial, que sigue el camino de las capas altas de la atmósfera. Ilustrado en la figura 1.2, que son los tipos de propagación mencionados y a continuación veremos los diferentes casos que pueden darse en la práctica.

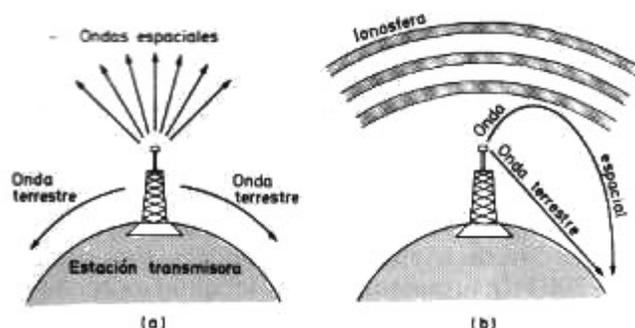


Figura 1.2 Una antena emite básicamente dos tipos de onda. a) espaciales b) terrestres.

Todas las ondas tienen su razón de ser en cuanto a su forma de propagación. Cuando la onda avanza sobre la superficie de la Tierra (onda terrestre) encuentra continuamente obstáculos que se oponen a su paso, árboles, edificios, montañas, etc. que van restándole energía a medida que esta señal se aleja del punto de origen. Si la frecuencia de propagación es muy grande querrá decir que presenta un valor más bajo cuanto más lejos se encuentra la emisora, cada vez será mayor la pérdida o amortiguamiento de la señal debido al poder de absorción del medio de propagación. Así, cuando las frecuencias de las ondas son del orden de los megahertz, la distancia de propagación se reduce a algunas decenas de kilómetros; es el caso, por ejemplo, de la propagación de las señales de frecuencia modulada y de televisión.

Otro posible camino de propagación de las ondas es aquél que se dirige por encima de la antena, en su vertical y con un determinado ángulo respecto de ésta, que sea suficiente para que los frentes de onda no se orienten hacia la superficie sino que tiendan a alejarse de ella; son las ondas espaciales.

ONDAS TERRESTRES

Las ondas terrestres son aquellas que se propagan sobre la superficie de la Tierra o muy cerca de ella. La figura 1.3 representa las formas de propagación en estas condiciones. Esta tiene lugar de dos modos diferentes, uno directo, desde la antena emisora hasta el receptor, y otro reflejado sobre la superficie de la Tierra o los obstáculos que encuentra en su camino.

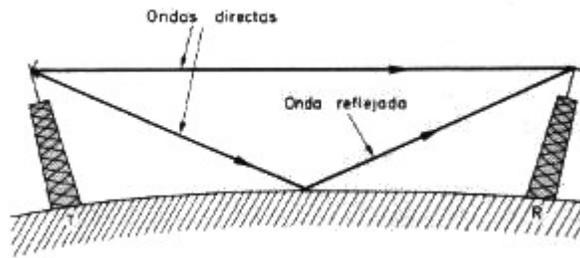


Figura 1.3 La propagación de las ondas terrestres puede ser directa o reflejada.

La primera tiene lugar cuando entre la antena emisora y la receptora no existe ningún obstáculo y las segundas llegan a la antena receptora después de rebotar sobre tierra, el mar o cualquier otro obstáculo importante.

La onda superficial es guiada, por decirlo de alguna manera, sobre la superficie de la Tierra siguiendo su curvatura y si la Tierra fuese un conductor perfecto la transmisión alcanzaría distancias enormes, pero no ocurre así. Se inducen tensiones entre las ondas y el suelo que dan lugar a una cierta pérdida de energía que, como hemos dicho, provoca una atenuación o pérdida de la energía de propagación de la onda y, con ello, acortan en gran medida la distancia útil a la que es capaz de llegar la señal radiada por la antena del emisor.

En la propagación tiene una gran importancia la frecuencia de la señal, las ondas de alta frecuencia son atenuadas más rápidamente que las ondas de frecuencias más bajas.

Fijémonos un poco más en estos dos tipos de propagación sobre la superficie de la Tierra. Para la propagación directa de las ondas tiene una importancia considerable la altura de las antenas. En los alrededores de las ciudades estamos acostumbrados a ver antenas que se elevan más de un centenar de metros, los repetidores para las emisoras de radio y televisión se levantan a grandes alturas, sobre los montículos dominantes de la orografía del terreno que se desee cubrir con la señal, lo cual condiciona la longitud de onda y el alcance directo de la emisión.

Cuando las antenas emisora y receptora están a la vista, la señal que recibe esta última no es única, sino que es la resultante de dos ondas, la onda directa y la reflejada. Ambas se encuentran y se suman, de tal modo que la onda resultante puede quedar reforzada o disminuida según que dichas señales lleguen en fase o en oposición de fase.

Cuando una onda llega a tierra, su frente se refleja y se invierte su fase, sufre una defasamiento de 180° con relación a la onda que sale de la antena y cuando la distancia entre antenas es corta y quedan casi a la misma altura del suelo, prácticamente se considera idéntica la longitud recorrida por las dos ondas y se anula en la antena receptora. Estarán también en fase cuando la señal reflejada llegue a la antena receptora un múltiplo impar de una semionda y, en cambio, también estarán en oposición de fase cuando la señal reflejada llegue al punto receptor un múltiplo par de la semionda.

Entre las dos posiciones extremas (que las ondas estén en fase o en oposición de fase) pueden darse todos los casos intermedios, así la interacción entre las ondas directa y reflejada puede dar lugar a señales que irán desde un valor máximo a un valor mínimo.

En la práctica se procurará adecuar la longitud, la altura de la antena receptora y la situación de ésta con relación a la dirección de propagación, para que ésta sea directa y evitando en lo posible la interposición de obstáculos entre emisor y receptor.

Si la distancia entre antenas es mayor que la máxima distancia visual, teóricamente no debería recibirse señal en la antena receptora, pero como se ha expuesto antes, las ondas terrestres se difractan sobre la superficie contorneando los obstáculos. Las ondas sonoras, son de baja frecuencia y rodean con facilidad los grandes obstáculos, pero no sucede lo mismo con las ondas electromagnéticas en donde la difracción es más pequeña.

Durante el día, la mayor parte de las transmisiones tienen lugar basándose en la propagación de las ondas superficiales, pero los mejores resultados se consiguen con frecuencias medias y bajas puesto que las frecuencias elevadas sufren una atenuación mucho mayor.

La tierra es un gran absorbente de ondas sonoras debido a la resistencia que aquélla opone a las mismas, pero cuando aumenta el grado de humedad también lo hace la conductividad y ello favorece la propagación. Sucede esto porque la humedad propicia la conductividad eléctrica. Recuerde, por ejemplo, que la descarga de los pararrayos sólo era efectiva cuando la zona de tierra hacia la que se llevaba el conductor de bajada estaba suficientemente húmeda como para ofrecer una resistencia mínima.

Algo similar sucede con las ondas electromagnéticas superficiales: la conductividad es tanto mayor cuanto más húmedo está el terreno, asimismo es mucho mayor a través del mar que sobre tierra firme. Este es uno de los motivos por los que las emisoras situadas junto al mar aumentan en gran medida su alcance cuando dirigen sus emisiones en esta dirección. Por un lado el agua favorece la conductividad y por otro la ausencia de obstáculos físicos permite a la onda superficial adaptarse al máximo a la curvatura terrestre. Este tipo de emisora de cara al mar se dedica, sobre todo, a comunicaciones sobre este medio, dirigidas a los barcos, con ondas largas que llegan a distancias difíciles de alcanzar con ondas directas o reflejadas. La banda de frecuencia llega de 15 a 300 Khz., lo que supone una longitud de onda a partir de 1000 m en adelante.

Por las especiales condiciones de propagación se utilizan poco con fines comerciales y su interés reside en aprovechar las ondas superficiales sobre el mar, donde la onda se atenúa muy poco y se alcanzan distancias de hasta 1500 Km. Estas señales son muy estables y no sufren variaciones diurnas ni estacionales.

Tal como va aumentando la frecuencia, desde 300 Khz. hasta 3 Mhz, la distancia alcanzada apenas es superior a los 300 Km. y ello con potencias de emisión considerables y siempre que se mantengan unas condiciones ideales de propagación sobre la superficie terrestre por la que discurren.

A partir de 3 MHz, la onda terrestre sufre una atenuación tan grande que no es utilizable para distancias superiores a 30 Km., lo que fija el límite de su empleo en la práctica, debiendo emplearse otros métodos de propagación para frecuencias mayores a distancias importantes.

ONDAS ESPACIALES

Este tipo de ondas corresponde al que se proyecta desde la antena hacia el firmamento sin llegar a las proximidades de la superficie.

A su vez, las ondas espaciales pueden clasificarse en otros dos tipos, ondas troposféricas y ondas ionosféricas.

Las primeras se propagan por zonas cercanas a la superficie, hasta 10 Km. aproximadamente, mientras que las segundas lo hacen por encima de esta altura hasta llegar a 500 Km., en la zona conocida como ionosfera.

Con estas últimas pretendemos desviar la trayectoria de las ondas electromagnéticas haciéndolas regresar de nuevo a la superficie de la Tierra en un lugar muy alejado del punto de emisión.

ONDAS TROPOSFÉRICAS

Las ondas troposféricas son aquellas que se propagan en la zona de la atmósfera que tiene este mismo nombre: troposfera. Esta región situada entre 300 y 10.000 metros sobre la superficie, es el lugar en donde se forman las nubes y en el que las ondas pueden sufrir algún tipo de modificación debido a la influencia de las capas del aire.

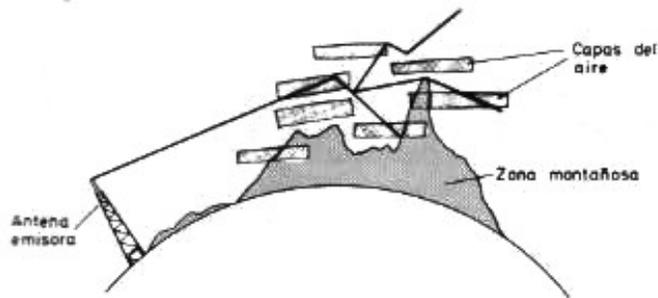


Figura 1.4 Ondas troposféricas

Las zonas montañosas producen turbulencias por la poca uniformidad de las capas del aire existente sobre ellas, lo que provoca una dispersión de las ondas y con ello una comunicación deficiente en este estrato de la atmósfera.

Las condiciones de propagación de estas ondas presentan una gran dependencia de la temperatura y humedad del aire contenido en la troposfera. Como estos valores no son constantes en ninguna zona, la propagación será irregular en esta capa atmosférica. Basta observar cualquier mapa meteorológico para darse cuenta de que la temperatura va disminuyendo con arreglo a la altura, cuanto más lejos estamos de la superficie más frío está el aire, y, por otro lado, las fotografías desde los satélites muestran una diferente localización de las nubes en cada momento del día y en cada punto del globo.

Una atmósfera ideal sería aquella que partiera de valores máximos de densidad y de conducción en las zonas bajas hasta llegar a una densidad prácticamente nula y sin humedad en las zonas altas.

Sin embargo, en la práctica, estas condiciones no se dan nunca lo normal es que en el aire de la troposfera se den zonas de turbulencias (masas cambiantes de nubosidad) y estratos más o menos paralelos de diferente temperatura y concentración de humedad, lo que permite alcanzar en casos especiales distancias importantes.

En la figura 1.4 representamos lo que sucede con la propagación de las ondas en las proximidades de zonas montañosas. La influencia que tienen las diferentes elevaciones del terreno sobre las masas de aire que las rodean hace que no existan grandes capas uniformes de aire que tengan idéntica temperatura y humedad, lo que conlleva una dispersión de las ondas que llegan a ellas.

A este tipo de propagación se le conoce como propagación por dispersión. La dispersión se aprovecha muy poco en las zonas montañosas pero resulta de gran utilidad sobre grandes llanuras o áreas marítimas, en donde los estratos son más estables, y sobre todo a frecuencias de cientos o miles de megahertz.

Las comunicaciones por dispersión resultan útiles en la transmisión de señales de televisión o telefonía utilizando grandes potencias y antenas direccionales. Con las señales de VHF, UHF y SHF se puede llegar a distancias mayores que el alcance visual pero perdiendo estabilidad y recogiendo perturbaciones de tipo atmosférico. La lluvia, la nieve, las tormentas con descargas eléctricas, etc. ocasionan importantes variaciones en la propagación de las ondas de este tipo.

MODULACIÓN.

Concepto: Modular una señal consiste en modificar alguna de las características de esa señal, llamada portadora, de acuerdo con las características de otra señal llamada moduladora.

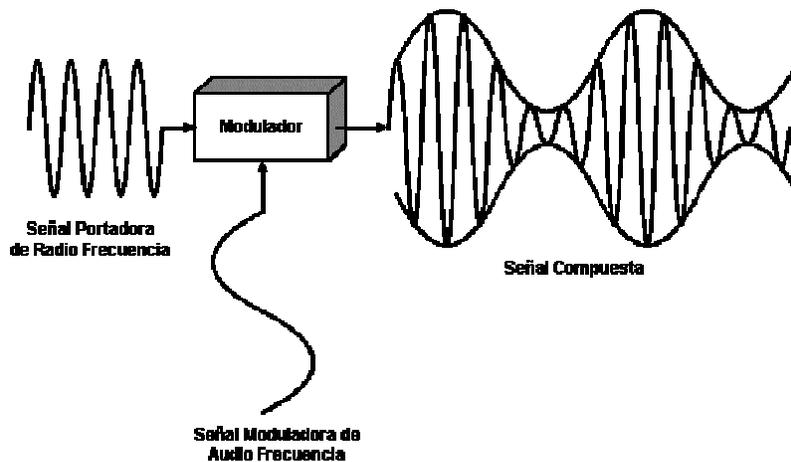


Figura 1.5 Ejemplo de Modulación

En la figura 1.5, se puede observar que la señal portadora es modificada basándose en la amplitud de la señal moduladora y la señal resultante es la que se muestra en el lado derecho de la figura.

El objetivo de modular una señal, es tener un control sobre la misma. El control se hará sobre ciertos elementos característicos de una oscilación continua; estos son modificados según la forma de onda de la señal que se desea transmitir.

Los parámetros o magnitudes fundamentales de una señal analógica son:

- Amplitud
- Frecuencia
- Fase

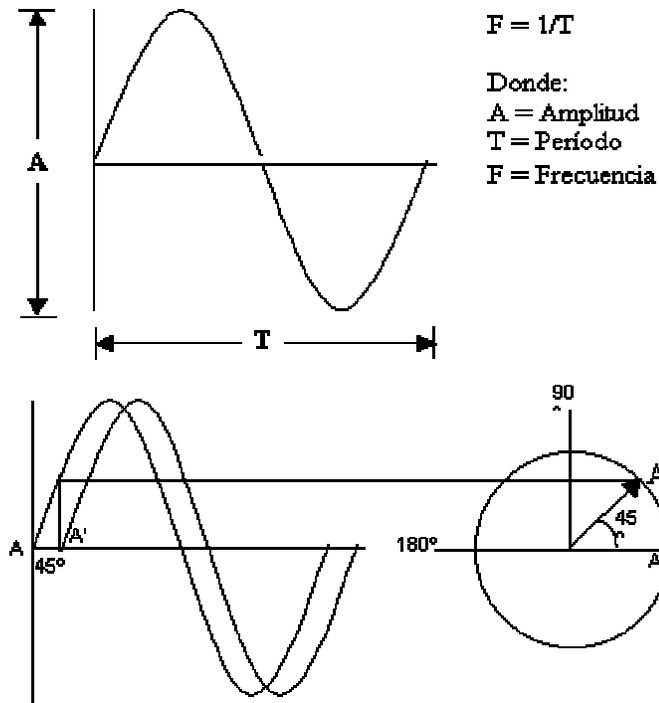


Figura 1.6 Amplitud y Frecuencia

Actualmente existe una gran cantidad de tipos de modulación. Algunos son producto de la combinación de varias técnicas de modulación:

- Analógica
- Continua
- AM: Modulación en Amplitud
- FM: Modulación en Frecuencia
- PM: Modulación en Fase
- Discontinua (por pulsos)
- PAM: Modulación por Amplitud de Pulsos
- PWM: Modulación por Anchura de Pulso
- PPM: Modulación por Posición de Pulso

- Digital
- ASK: Modulación en Amplitud, Apagado Encendido
- FSK: Modulación por Desviación de Frecuencia
- PSK: Modulación por Desviación de Fase

Una de las estrategias más importantes para aumentar el número de usuarios en un sistema celular radica principalmente en la técnica de acceso múltiple que este sistema emplee. Las técnicas de acceso múltiple en un sistema inalámbrico permiten que varios usuarios puedan estar accediendo simultáneamente un canal o un grupo de frecuencias, lo que permite el uso eficiente del ancho de banda.

Existen tres técnicas para compartir un canal de Radio Frecuencia (RF) en un sistema celular:

FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia)

Características:

- La transmisión es continua
- El ancho de banda es de 30 KHz
- Los canales sin uso no pueden ser utilizados para aumentar su ancho de banda

Ventajas

- Calidad
- Sencillez de implementación
- No necesita sincronismo

Desventajas

- Que existe capacidad asignada incluso sin uso
- Poca flexibilidad
- La eficiencia disminuye cuando aumenta el número de portadores

Los sistemas celulares basados en FDMA formaron la base de los primeros sistemas celulares en el mundo. FDMA fue implementada en la banda de 800 MHz utilizando un ancho de banda de 30 KHz por canal.

FDMA subdivide el ancho de banda en frecuencias, cada frecuencia sólo puede ser usada por un usuario durante una llamada. Debido a la limitación en ancho de banda, esta técnica de acceso es muy ineficiente ya que se saturan los canales al aumentar el número de usuarios alrededor de una celda. Esta técnica de acceso múltiple predominó en los sistemas celulares analógicos de la primer generación. La tecnología más conocida de esta generación es conocida como AMPS (American Mobile Phone System).

TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo)

Características

- Divide al espectro en slots de tiempo

- TDMA utiliza modulación digital
- La transmisión no es continua
- Utiliza diferentes slots Transmisor (TX) y Receptor (RX)
- Frecuencia de operación es de 800 MHz y 1900 MHz (1.9 GHz)
- Solo se transmite una portadora

Después de la introducción de FDMA, operadores celulares y fabricantes de equipo inalámbrico reconocieron las limitaciones de esta técnica de acceso analógica. Años más adelante aparecen los primeros sistemas celulares digitales basados en TDMA. Con el fin de continuar la compatibilidad con la asignación de espectro del sistema anterior ocupado por la tecnología AMPS, se desarrolla en Norteamérica a finales de los 80s un sistema conocido como DAMPS (Digital AMPS) también con 30 KHz de ancho de banda por canal. En Europa se desarrolla también un sistema celular digital basado en una parte TDMA conocido como GSM (Groupe Special Mobile) con canales de 200 KHz. Los primeros sistemas bajo GSM fueron instalados en 1991, mientras el primer sistema instalado en Norteamérica fue instalado en Canadá en 1992.

Los sistemas celulares bajo TDMA utilizan el espectro de manera similar a los sistemas TDMA, con cada radio base ocupando una frecuencia distinta para transmitir y recibir. Sin embargo, cada una de estas dos bandas son divididas en tiempo (conocidas como ranuras de tiempo) para cada usuario. Por ejemplo, TDMA de tres ranuras divide la transmisión en tres periodos de tiempo fijos (ranuras), cada una con igual duración, con una asignación particular de ranuras para transmisión para uno de 3 posibles usuarios. Este tipo de metodología requiere una sincronización precisa entre la terminal móvil y la radio base.

CDMA (Acceso Múltiple por División de Código)

Características

- Los transmisores (Tx) envían simplemente cuando tienen algo que decir
- CDMA posee capacidad de slots ilimitada
- El aumento del número de usuarios también aumenta el piso ruido de manera lineal
- No existe limitaciones en el número de portadores

Ventajas

- No se puede hackear, no es fácil que se pueda violar su seguridad

CDMA es un termino genérico que define una interface de aire inalámbrica basada en la tecnología de espectro extendido (spread spectrum). Para telefonía celular, CDMA es una técnica de acceso múltiple especificada por la TIA (Telecommunications Industry Association) como IS-95. En marzo de 1992, la TIA estableció el subcomité TR 45.5 con la finalidad de desarrollar un estándar de telefonía celular digital con espectro extendido. En julio de 1993, la TIA dió su aprobación al estándar CDMA IS-95.

Los sistemas IS-95 dividen el espectro en portadoras de 1.25 MHz. Unos de los aspectos únicos de CDMA es que a pesar de que existe un número fijo de llamadas telefónicas

que pueden ser manipuladas por un proveedor de servicios de telefonía (carrier), éste no es un número fijo. La capacidad del sistema va a depender de muchos factores.

Cada dispositivo que utiliza CDMA está programado con un pseudocódigo, el cual es usado para extender una señal de baja potencia sobre un espectro de frecuencia amplio. La estación base utiliza el mismo código en forma invertida (todos los ceros son unos y los unos ceros) para des-extender y reconstruir la señal original. Todos los otros códigos permanecen extendidos, indistinguibles del ruido de fondo.

Hoy en día existen muchas variantes, pero el CDMA original es conocido como cdmaOne bajo una marca registrada de Qualcomm. A CDMA se le caracteriza por su alta capacidad y celdas de radio pequeño, que emplea espectro extendido y un esquema de codificación especial y lo mejor de todo es muy eficiente en potencia.

ELEMENTOS DE UN SISTEMA CELULAR

Un sistema de comunicaciones móviles genérico está compuesto por un conjunto de estaciones base (BS - Base Station) gobernadas por un centro de control (CC - Control Center) que dan cobertura a un número determinado de terminales móviles (MS - Mobile Station). En ocasiones, se requiere dar cobertura en lugares donde las estaciones base no son capaces de darla, por lo que es posible emplear repetidores (RS - Repeater Station) para estas tareas. Estos términos pueden variar en cuanto a la tecnología utilizada pero de manera general definen sus aplicaciones en la red.

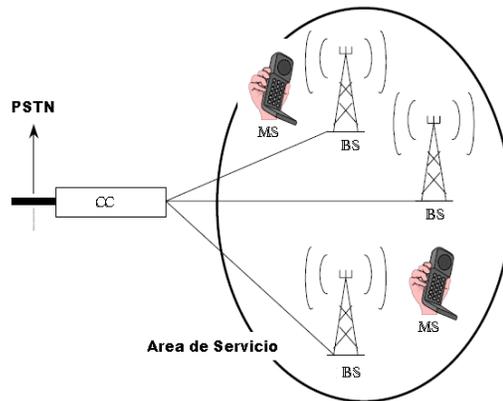


Figura 1.7 Sistema Básico de Telefonía Celular.

Centro de Control (CC, Control Center) se encarga de conmutar las llamadas a las células, proporcionar respaldo, conectarse con las redes telefónicas públicas, monitorear el tráfico para fines de cobro, realizar pruebas y diagnósticos, y realizar labores de administración de la red en general.

Unidad Móvil (MS, Mobile Station) es el transmisor - receptor móvil o teléfono celular que contiene un dispositivo modem capaz de cambiar la frecuencia que le permite sincronizarse con una frecuencia dada, designada por el Centro de Control.

La Estación Base (BS, Base Station) es la que permite la comunicación entre usuarios, existe una por cada célula y junto a ésta es la interfaz entre la unidad móvil y el Centro de Control.

De manera genérica estos son los principales elementos que conforman una red, pero ya de manera práctica se integran más elementos.

ÁREA DE SERVICIO CELULAR Y DEFINICIÓN DE CÉLULAS

Las áreas de servicio celular se definen como las áreas geográficas, normalmente ciudades o poblaciones, que cuentan con el servicio de telefonía celular, dicha área se encuentra dividida en celdas o células, muchas veces de diferentes tamaños, que en suma dan cobertura a toda un área geográfica.

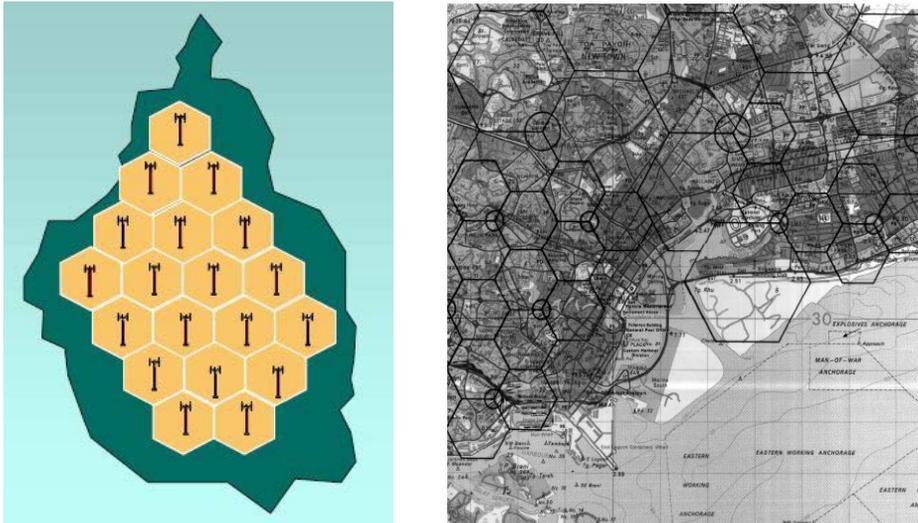


Figura 1.8 Ejemplos de Áreas de Servicio Celular.

Las células o celdas, es la división del área de servicio celular en áreas más pequeñas y de cobertura limitada. En cada célula existe una estación base que transmite un conjunto de canales de tráfico con otros de señalización y que se encargan de dar servicio al usuario.

En áreas urbanas muy pobladas, el volumen tan alto de usuarios puede agotar los canales de tráfico disponibles. No obstante es posible aumentar hasta cierto punto la capacidad del sistema reduciendo el tamaño de las células, así como la potencia transmitida de las estaciones base, con el fin de limitar la cobertura prestada por el sitio y así reducir el acceso al servicio.

La reducción en el tamaño de las células permite reutilizar las bandas disponibles en células no contiguas, lo que permite un incremento considerable en la capacidad del sistema, el concepto de reutilización de frecuencias se detallara mas adelante. Esta estrategia permite al proveedor de portadora celular reducir y aumentar el tamaño de las células para dar cabida al crecimiento o reducción de usuarios dependiendo de las condiciones del servicio.

El área de cobertura de una célula depende de distintos factores entre los que destacan:

- La potencia de transmisión de la estación base.
- La banda de frecuencia usada.
- Ubicación de la estación base y altura de las antenas.
- Tipo de antenas utilizada.
- Topografía de la zona.

- Sensibilidad del receptor.

Los factores arriba mencionados van a determinar en gran medida el radio de cobertura de un sitio celular, pero se tienen que considerar otros fenómenos para tener la cobertura real ya que existen diversos factores que afectan la propagación de las ondas electromagnéticas.

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 (HANDOVER), lo que aumenta el gasto de recursos en la red.

Las agrupaciones de células o celdas de frecuencias no traslapadas son denominadas clústers.

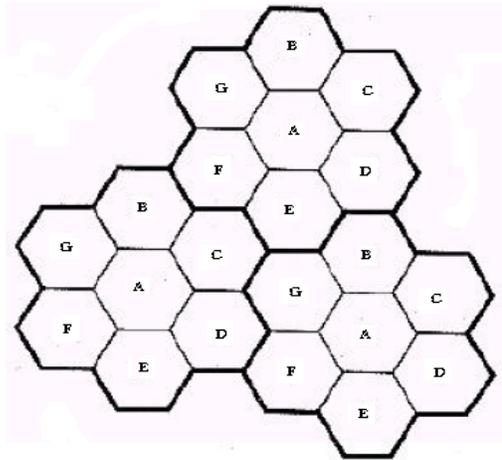


Figura 1.9 La figura muestra un ejemplo claro de clúster tamaño 7.

Dentro de cada célula del clúster se emplean frecuencias o recursos distintos entre las que no se producen interferencias. Así se introduce el concepto de reutilización de frecuencias en células suficientemente separadas desde el punto de vista físico.

CAPACIDAD Y REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIAS.

Es el número de frecuencias en una célula la que determina la capacidad. A cada compañía con una licencia para operar una red móvil se le asigna un número limitado de frecuencias. Éstas son distribuidas a lo largo de las células en su red. Dependiendo de la carga de tráfico y la disponibilidad de frecuencias, una célula puede tener una o más frecuencias asignadas a ella para proporcionar el servicio.

Es importante que al asignar las frecuencias la interferencia sea evitada. La interferencia puede causarse por una variedad de factores. El factor común es el uso de frecuencias similares cerca entre células vecinas, lo que afectará la calidad del servicio, esto presenta la introducción a nuevos conceptos como es el de reutilización de Frecuencias.

Por ejemplo para cubrir un país entero o una zona muy grande y con muchos usuarios, se hace uso de este concepto ya que deben reutilizarse las frecuencias, debido a las situaciones geográficas o para proporcionar capacidad suficiente a una red. Las mismas frecuencias no pueden reutilizarse en las células vecinas ya que se generaría interferencia,

para evitar este problema los modelos de uso de frecuencia son determinados durante la planificación de la red.

Como ya se menciono la reutilización de frecuencias presenta un problema que es la interferencia entre las células que emplean la misma frecuencia. Es precisamente este nivel de interferencia el que va a marcar la distancia de la reutilización, que es la separación mínima entre células de la misma frecuencia a la cual el nivel de interferencias se considera aceptable y que se determina de función de la portadora a interferente (SIR – Signal to Interference Ratio).

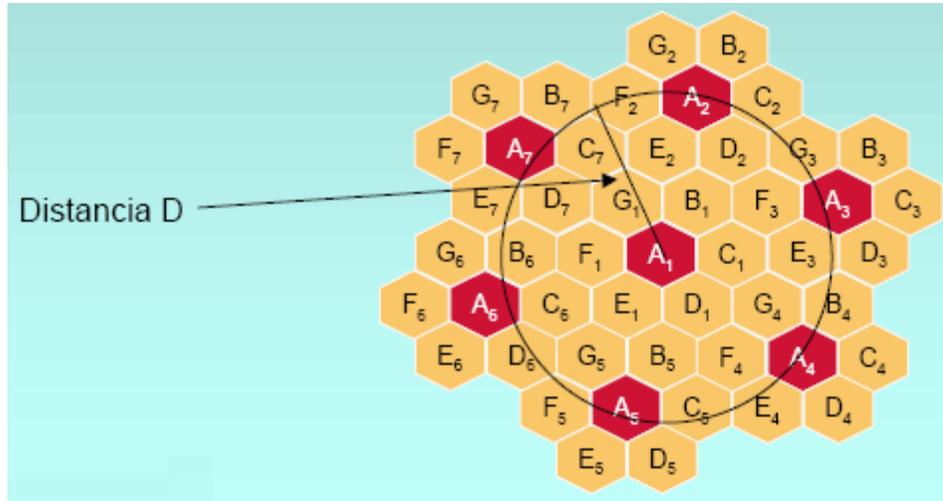


Figura 1.10 Reutilización de Recursos.

Dependiendo de la técnica de acceso múltiple, de la modulación, y la aplicación concreta, la SIR variara. Esto quiere decir que la distancia de reutilización se vera afectada por la aplicación o servicio requerido, con el fin de mitigar estos efectos y conseguir una reutilización eficiente de recursos a la vez que se mantiene la calidad ofrecida por el sistema en términos de SIR , dos grandes grupos de técnicas se usan:

- a) Sectorización
- b) Asignación de Frecuencias.

La sectorización se basa en la división de la célula en porciones más pequeñas denominadas sectores. Uno de los factores que favorecen la eficiencia de la sectorización es el empleo de estaciones base con antenas altamente directivas en la dirección del sector y con lóbulos laterales muy pequeños.

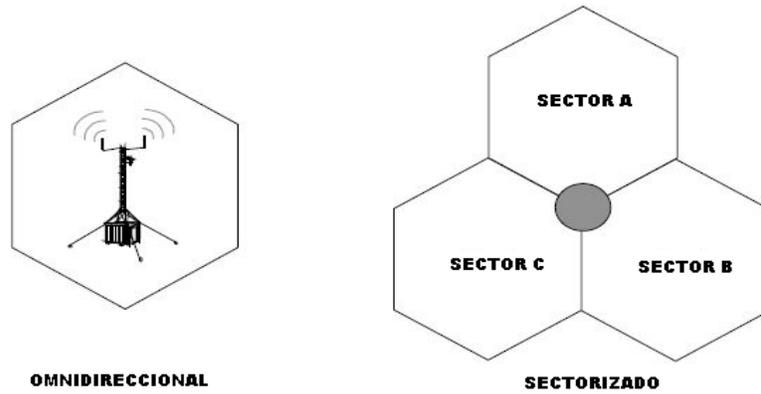


Figura 1.11 Ejemplos de Sectorización.

COBERTURA

Cobertura: Se refiere principalmente a la extensión de terreno que se cubre por parte de las ondas electromagnéticas propias de un mismo sitio celular, puede existir cuando las áreas de la cobertura de dos BTS no se traslapan o hay algunos obstáculos grandes en el área de la cobertura, esto conduce a ninguna señal o nivel muy pobre de la señal.

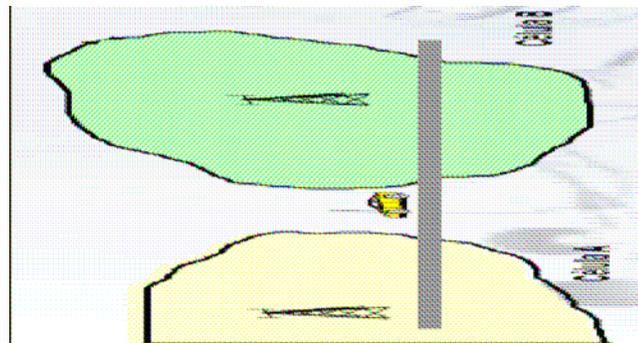


Figura 1.12 Cobertura

CAPACIDAD

Capacidad: Se refiere principalmente al número de usuarios a los que se puede proporcionar el servicio de telefonía celular (voz, datos) es decir la infraestructura para mantener el tráfico generado en la zona.

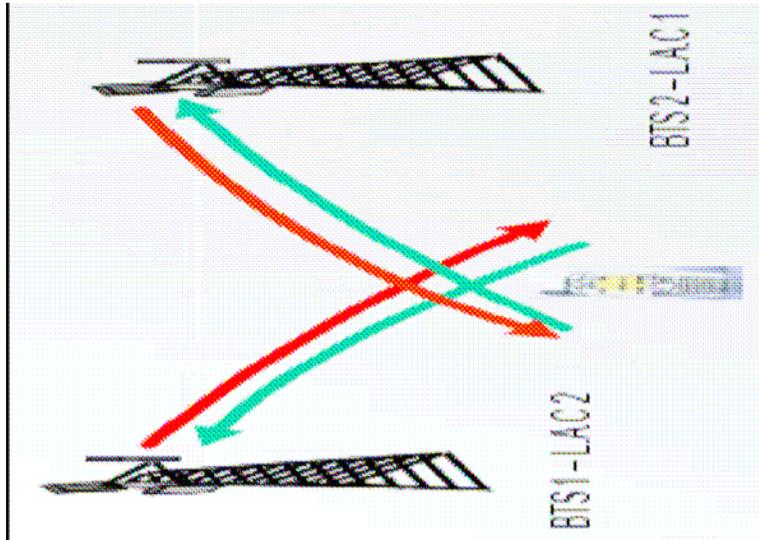


Figura 1.13 Capacidad

HANDOVER

El proceso de handover se refiere a que cuando el móvil se encuentra atachado a una BTS está reselectiona otra célula más apropiada al detectar ciertas condiciones favorables, para transferir la llamada.

Desde el punto de vista del móvil vale la pena reselectionar otra célula cuando el nivel de señal recibida de una vecina es mejor que el nivel de señal de la célula actual.

Dentro de éste parámetro existe un algoritmo llamado C2 que hace posible la MS (estación Móvil) determine la célula que mejor nivel tiene.

C2: es un algoritmo de reselection de la célula donde el móvil una vez que haya determinado cual célula en ese momento esté de mejor nivel, siga supervisando las demás células para asegurar la mejor conexión, para cuando le móvil esté en movimiento.

TRASLAPPE DE FRECUENCIAS

La asignación de frecuencias lleva la finalidad de tener canales de frecuencia no traslapados. En algunas aplicaciones se tolera cierto grado de traslape que es necesario para transferir las llamadas entre los sitios de la red.

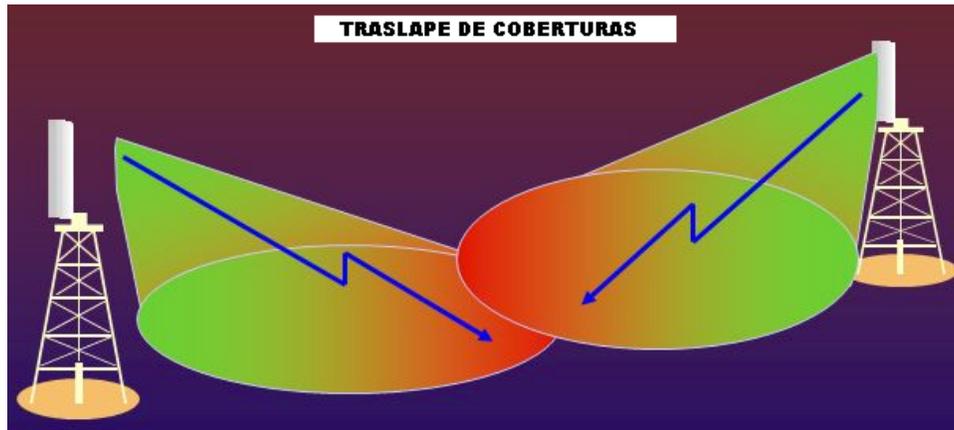


Figura 1.14 Traslape de Coberturas

Por todo lo mencionado anteriormente nos podemos dar cuenta que no es necesario que todas las células tengan el mismo tamaño. Por ejemplo en los lugares donde exista una mayor demanda del servicio, las células deben ser mas pequeñas, que en los lugares donde la demanda sea menor. La subdivisión celular, sin embargo, tiene una serie de implicaciones por lo que debe planificarse con sumo cuidado.

Gracias a esta capacidad de adaptación de la estructura de la red a las fluctuaciones de la demanda, los operadores suelen comenzar con un tamaño de célula grande o estándar para, a medida que aumenta el numero de usuarios se ira variando el tamaño de las celdas reduciéndolas hasta llegar en algunos casos a pico celdas.

MULTITRAYECTORIA

La propagación multitrayectoria provoca algunos de los peores problemas asociados con las comunicaciones móviles, pero también ayuda en cierto grado para cubrir zonas difíciles, debido a los rebotes de la señal.

Existen diversos problemas generados por la propagación multitrayectoria:

Esparcimiento por retardo (Delay Spread)

Desvanecimiento Rayleigh (Rayleigh Fading)

Corrimientos por efecto Doppler (Doppler shifts)

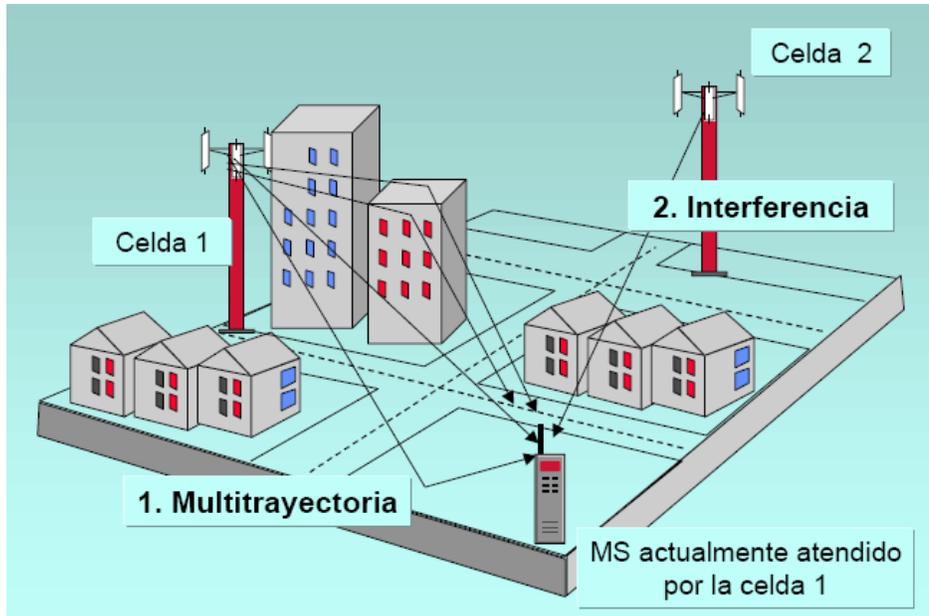


Figura 1.15 Multitrayectoria

DELAY SPREAD

Debido a que la señal sigue diferentes trayectorias y cada una de estas tiene una longitud diferente, las múltiples señales que arriban al móvil tienen diferentes retardos.

Debido a este efecto la señal resultante en el receptor sufre un ensanchamiento con respecto a la original.

En sistemas digitales este ensanchamiento produce un traslape entre pulso y se le conoce como interferencia intersimbólica.

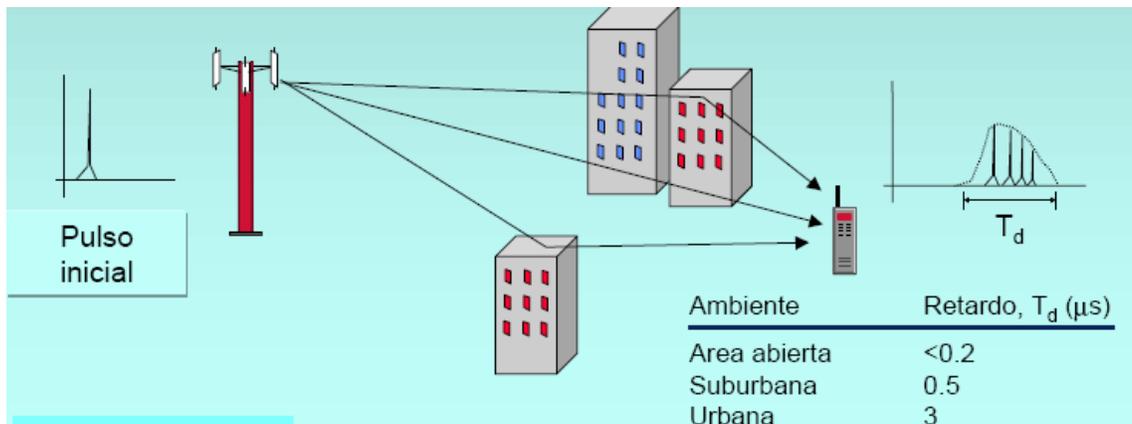


Figura 1.16 Delay Spread

RAYLEIGH FADING

La propagación multitrayectoria también provoca alteración en la relaciones de fase y amplitud de las diferentes señales recibidas.

Los desvanecimientos provocados por dichas alteraciones se dice que caen dentro de una distribución estadística conocida como distribución Rayleigh.

La profundidad y espaciamiento de los desvanecimientos están relacionados con la frecuencia de la onda de radio.

Un MS en movimiento puede cruzar diferentes puntos de desvanecimientos en unos instantes.

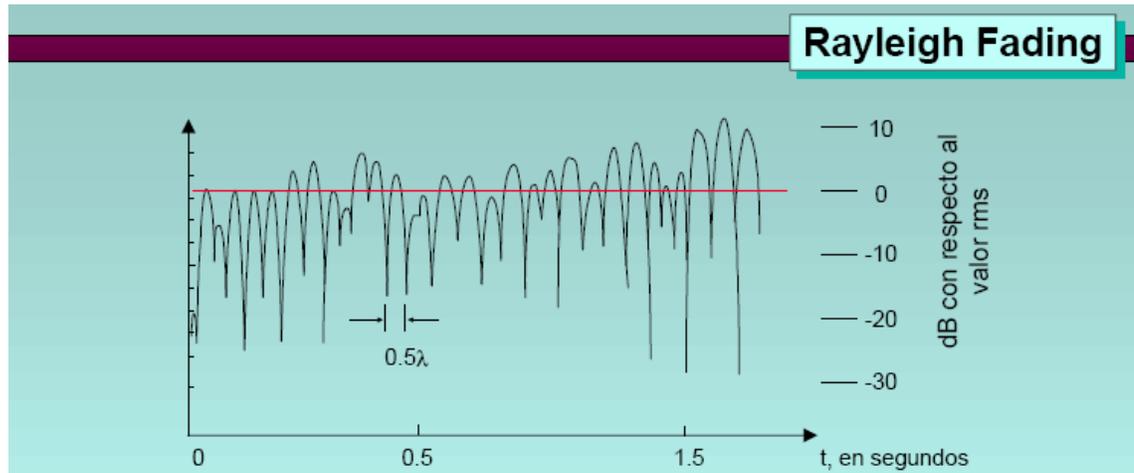


Figura 1.17 Rayleigh Fading

DOPPLER SHIFTS

En sistemas móviles, debido al movimiento del receptor con respecto al transmisor se producen variaciones de frecuencia en la señal recibida, a dichas variaciones se les conoce como crecimiento por efecto Doppler.

Estas variaciones de frecuencia están relacionadas con la dirección y la velocidad del móvil.

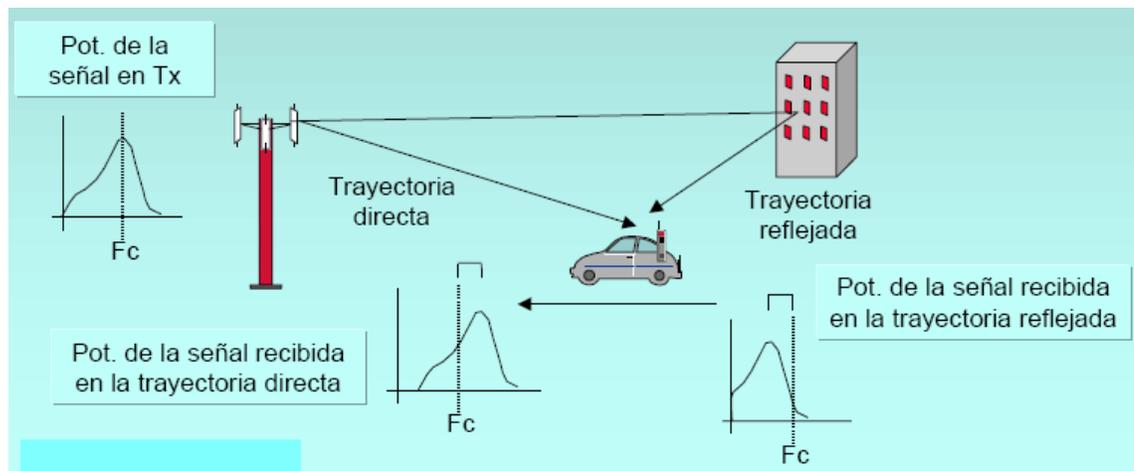


Figura 1.18 Doppler Shifts

INTERFERENCIA.

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 "cross-talk", consistente en que el usuario 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:

- Interferencias co-canal
- 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 intermodulación intermitentes o a sobrecargas del terminal de otro usuario. En la práctica, los transmisores de portadoras de sistemas celulares de la competencia, son frecuentemente una fuente significativa de interferencias fuera de banda, dado que la competencia frecuentemente coloca sus estaciones base cerca, para proporcionar una cobertura comparable a sus usuarios.

INTERFERENCIA COCANAL Y CAPACIDAD DEL SISTEMA.

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 cocanales, y la interferencia entre las señales de estas celdas se le llama interferencia cocanal.

Al contrario que el ruido térmico, que se puede superar incrementando la relación señal ruido ("Signal to Noise Ratio" ó SNR), la interferencia cocanal 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 cocanales vecinas. Para reducir la interferencia cocanal las celdas cocanales 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 cocanal 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 cocanal 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:

$$Q = \frac{D}{R} = \sqrt{3N}$$

INTERFERENCIA ENTRE CANALES ADYACENTES.

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 usuario, 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.

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 cocanal. Se debe llegar a un compromiso entre estos dos objetivos a la hora del diseño.

CONTROL DE POTENCIA PARA REDUCIR LAS INTERFERENCIAS

En los sistemas celulares de radio, los niveles de potencia transmitida por cada unidad de los usuarios, 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.

CAPITULO 2
TECNOLOGIA GSM

INTRODUCCIÓN

En varios países se diseminó la telefonía celular como una alternativa a la telefonía convencional. La tecnología tuvo gran aceptación, por lo que a los pocos años de implantarse se empezó a saturar el servicio. En ese sentido, hubo la necesidad de desarrollar e implantar otras formas de acceso múltiple al canal y transformar los sistemas analógicos a digitales, con el objeto de darles cabida a más usuarios. Para separar una etapa de la otra, la telefonía celular se ha caracterizado por contar con diferentes generaciones en este capítulo nos enfocaremos a la 2ª generación con la tecnología GSM.

Los primeros trabajos con GSM los inició en 1982 un grupo dentro del Instituto Europeo de Normas de Comunicaciones (ETSI, European Telecommunications Standards Institute).

Originalmente, este organismo se llamaba Groupe Sociale Mobile, lo que dio pie al acrónimo GSM.

El objetivo de este proyecto era poner fin a la incompatibilidad de sistemas en el área de las comunicaciones móviles y crear una estructura de sistemas de comunicaciones a nivel Europeo.

GSM se diseñó 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.

Global System for Mobile communications (Sistema Global para las Comunicaciones Móviles), anteriormente conocida como "Group Special Mobile" (GSM, Grupo Especial Móvil) es un estándar mundial para teléfonos móviles digitales. El estándar fue creado por la CEPT (Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones) y posteriormente desarrollado por ETSI (European Telecommunications Standards Institute) como un estándar para los teléfonos móviles europeos, con la intención de desarrollar una normativa que fuera adoptada mundialmente. El estándar es abierto, no propietario y evolutivo (aún en desarrollo). Es el estándar predominante en Europa, así como el mayoritario en el resto del mundo (alrededor del 70% de los usuarios de teléfonos móviles del mundo en 2001 usaban GSM).

GSM difiere de sus antecesores principalmente en que tanto los canales de voz como las señales son digitales. Se ha diseñado así para un moderado nivel de seguridad, en la figura 2.1 se muestra una estación base con tecnología GSM.



Figura 2.1 Estación base GSM

ARQUITECTURA DE UN SISTEMA GSM.

El sistema de GSM consiste de tres principales subsistemas que interactúan entre ellos mismos y con redes externas a través de ciertas interfaces de red. Los subsistemas son: BSS (Base Station Subsystem) NSS (Network and Switching Subsystem) y OSS (Operation Support Subsystem).

BSS (BASE STATION SUBSYSTEM).

También conocido como Radio-subsystem, es el responsable de las funciones de radio o sea proporciona y administra las trayectorias de transmisión entre el móvil y la MSC, por lo que se encarga de la gestión de las comunicaciones, del manejo del handover entre las BTS que controla y del control de potencia en los móviles. El BSS consiste de muchas BSCs las cuales conectan los móviles al NSS vía los MSCs.

El Subsistema BSS consta principalmente de los siguientes elementos:

MS (MOBILE STATION).

Es la unidad que pertenece al usuario y consiste de dos elementos a) la terminal móvil (que en si es el teléfono del usuario) y b) el modulo de identidad del usuario SIM(Suscriber Identity Module), conocido también como chip, y el cual lleva consigo toda la información del usuario como su agenda, saldo etc., cada terminal móvil se encuentra plenamente identificada por medio un numero de identidad internacional del equipo IMEI (International Manufacturer Equipment Identity), además de códigos de seguridad para cada unidad en particular denominados PIN (Personal Identificaton Number) y PUK (Personal Unlocking Key), que vienen los códigos de fábrica cuando se adquiere el teléfono celular pero pueden ser cambiados por el usuario.

Existen diferentes tipos de estaciones móviles MS, desde equipos montados en autos que operan aproximadamente con 20 W, teléfonos que operan entre 8 y 5 W, así como dispositivos reducidos que operan a 2 W, hasta los dispositivos portátiles que se usan en sistemas micro celulares cuya potencia es de 0.8 W, la potencia requerida por el teléfono va a depender de las funciones con que cuenta la unidad (cámara, juegos, etc.) y la tecnología aplicada a esta.

BTS (BASE STATION TRANSCEIVER).

Estación Base que da cobertura de radio limitada a un área determinada e incorpora los equipos transmisores y receptores que interactúan con las estaciones móviles MS, en otras palabras es el sitio en el que se localiza el equipo encargado de establecer y mantener una llamada, dándole seguimiento dependiendo de la ruta que sigue el móvil, buscando siempre a quien transferir la llamada (handover) para que no se pierda, una vez que salga del área de cobertura asignada a cada BTS.

BSC (BASE STATION CONTROLLER).

Interfaz de las Estaciones Base con el sistema de conmutación, a través de la cual se conecta la red móvil con otras redes, es decir controla y administra a varias BTSs con determinados parámetros dependiendo de la zona en la que se encuentren.

Las funciones principales de la BSC son las de estar al cargo de los handovers, los frequency hopping y los controles de las frecuencias de radio de los BTS.

Entre los procesos principales que realiza este subsistema se encuentran las siguientes: Medidas de la calidad de la señal, autenticación, gestión de handover, encriptado y desencriptado de los canales, adaptación de la velocidad, salto de frecuencia, gestión de los canales de radio, localización y registro de los usuarios.

NSS (NETWORK AND SWITCHING SUBSYSTEM).

El sistema de conmutación gestiona los datos de los abonados de la red y realiza las funciones de conmutación y establecimiento de llamadas, controlando en cada momento los recursos de la red para que las comunicaciones puedan llevarse a cabo, es decir administra las funciones de interconexión entre el sistema y permite al MSC la comunicación con otras redes o servicios como son las PSTN (Public Switched Telephone Network) e ISDN (Integrated Services Digital Network) y esta compuesto de los siguientes elementos:

MSC (MOBILE SERVICES SWITCHING CENTER).

Es el componente central de la NSS y es una Central de conmutación de móviles, básicamente es un centro de switcheo telefónico, controla la señalización y Tarificación, así como proporciona la conexión con otras redes.

HLR (HOME LOCATION REGISTER).

Es el Registro de abonados locales, y se trata de una base de datos en la que se guarda la información de los abonados móviles conectados a una determinada MSC, su posición y servicios suplementarios. El HLR funciona en unión con el VLR.

VLR (VISITOR LOCATION REGISTER).

Es el registro de abonados visitantes y es una base de datos la cual almacena temporalmente el IMSI e información personal para cada subscriptor en roaming quien esta visitando el área de cobertura de un MSC en particular. El VLR es enlazado entre varios MSC's de una mercado en particular o región geográfica y contiene información de suscripción de cada usuario visitante en el área. Una vez que el móvil en roaming es almacenado en el VLR el MSC envía la información necesaria a los suscriptores visitantes del HLR así que las llamadas hacia el móvil en roaming pueden ser ruteadas apropiadas sobre la PSTN por el HLR de los usuarios en roaming.

A medida que el móvil se desplaza podría que ocurrir que cambiara de área de localización. Cuando esto ocurre la estación móvil lo notificara al VLR de la nueva célula y esta, a su vez, se pone en contacto con el HLR de la célula anterior, y este al VLR anterior, otro tipo de registro es el que acontece de manera periódica y que tiene por objetivo poner de manifiesto la presencia del móvil en la red. El periodo de este registro se deja a criterio del operador.

GMSC (GATEWAY MOBILE SERVICES SWITCHING CENTER).

Un gateway es un dispositivo traductor (puede ser software o hardware que se encarga de interconectar dos redes haciendo que los protocolos de comunicaciones que existen en ambas redes se entiendan). Bien, la misión del GMSC es esta misma, servir de mediador entre las redes de telefonía fijas y la red GSM.

IWF (INTERWORKING FUNCTIONS).

Funciones de interconexión constituye la interfaz con redes externas y su labor puede ser más o menos importante en función del tipo de información de usuario y de la red con la que se interconecte. Generalmente se utiliza para conectar la red GSM a las redes de datos.

OSS (OPERATION SUB SYSTEM).

Ofrece soporte en operación y mantenimiento al sistema GSM y permite a los ingenieros hacer monitoreos de diagnóstico. Este subsistema interactúa con todo el sistema GSM, y es proporcionado únicamente para el staff de la compañía operadora de GSM la cual proporciona facilidades de servicio para la red y mantiene el desempeño de cada MS, BTS, BSC y MSC dentro de un sistema GSM. El OSS tiene tres funciones principales que son:

- 1.- Mantener toda la comunicación en Hardware y operación de la red en un mercado en particular.
- 2.- Manejar todos los cargos y procedimientos de facturación.
3. Administrar todos los equipos móviles en el sistema.

Dentro de cada sistema GSM un OMS es dedicada para cada una de esas tareas y tiene respaldos para ajustar todos los parámetros de la Base Station y procedimientos de facturación así como también para proporcionar operadores al sistema con la habilidad de determinar el desempeño e integridad del equipo de cada suscriptor en el sistema, los elementos que conforman un OSS son los siguientes:

AUC (AUTHENTICATION CENTER).

Centro de Autenticación, es una base de datos estrictamente protegida que guarda los parámetros necesarios para la identificación y autenticación de los abonados que se emplearan para comprobar su identidad cuando intenten acceder a la red, también se encarga de las claves de encriptado para cada usuario en el HLR y el VLR, así como forma parte del proceso de Tarificación para el usuario.

EIR (EQUIPMENT IDENTITY REGISTER).

El Registro de Identidad del Equipo es un registro que guarda información relativa al equipo móvil MS (fabricante, número de serie, etc.). Se puede utilizar para bloquear móviles robados, protegerlos contra intrusos, usos indebidos etc., ya que se asignan a una lista blanca, gris o negra dependiendo del estado en que se encuentren, o sea que se utiliza para proporcionar seguridad en las redes GSM pero a nivel de equipos válidos (no reportados como robados), Esta base de datos contiene los International Mobile Equipment Identity o IMEI de cada terminal, de manera que si un determinado móvil trata de hacer uso de la red y su IMEI no se encuentra localizado en la base de datos del EIR no puede hacer uso de la red. Adicionalmente se pueden realizar estadísticas con los datos del EIR.

OMC (OPERATION AND MAINTENANCE CENTER).

Centro de operación y Mantenimiento es el que proporciona los medios necesarios para poder llevar a cabo una gestión eficiente de la red, tanto en la parte de la conmutación como en la parte de radio.

La figura 2.2 muestra la arquitectura de un sistema GSM, el móvil se comunica en la BSS sobre una interfase de aire (RF), cuando la BSS consiste de muchas BSCs las cuales se conectan a un MSC, y cada BSC típicamente controla cientos de BTSs, estas son conectadas por enlaces de microondas o enlaces dedicados rentados. El handover entre BTS's de la misma BSC son manejados por la BSC y no por la MSC, esto reduce considerablemente el congestionamiento de la MSC.

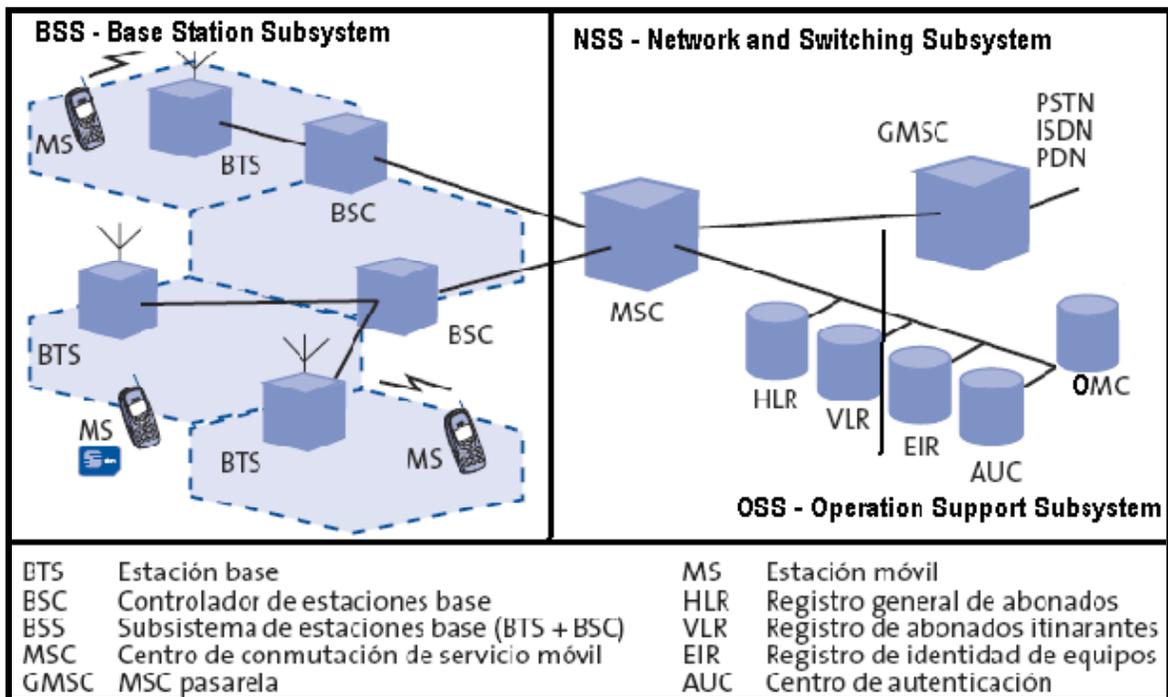


Fig.2.2 Esquema de arquitectura GSM.

EJEMPLO DE UNA LLAMADA EN GSM

En la figura 2.3 se muestra un ejemplo de enrutamiento de llamadas GSM. En el paso 1, un usuario de teléfono llama a la unidad móvil a través de la red telefónica pública. La llamada se enruta a un MSC de puerta (paso 2), el cual examina los dígitos marcados y determina que no puede enrutar la llamada más lejos; por tanto, en el paso 3, interroga el registro de ubicación de origen (HLR) del usuario llamado a través del SS7 TCAP (transation capabilities application part). El HLR interroga el registro de ubicación de visitante (VLR) que actualmente está dando servicio al usuario (paso 4). En el paso 5, el VLR devuelve un número de enrutamiento al HLR, que lo devuelve al MSC de puerta. Con base en este número de enrutamiento, el MSC de puerta enruta la llamada al MSC terminal (paso 6). El MSC

terminal consulta entonces el VLR para comparar la llamada entrante con la identidad del suscriptor receptor (pasos 7 y 8). En el paso 9, la BSS recibe una solicitud de notificación del MSC terminal y envía una señal de notificación. Cuando la señal de usuario regresa, la llamada se completa (paso 10).

1. Se hace una llamada a la unidad móvil
2. La red telefónica reconoce el numero y se lo da a la puerta de acceso MSC.
3. El MSC no puede enrutar mas lejos; interroga el HLR del usuario.
4. Interroga al VLR que sirve actualmente al usuario (solicitud de número de roaming).
5. Número de enrutamiento devuelto al HLR y luego a la puerta de acceso MSC.
6. Llamada enrutada al MSC terminal.
7. El MSC pide al VLR correlacionar la llamada con el suscriptor.
8. El VLR hace lo que se le pide.
9. Se envía señal a la unidad móvil.
10. La unidad móvil responde; las MSC trasportan la información de vuelta al teléfono.

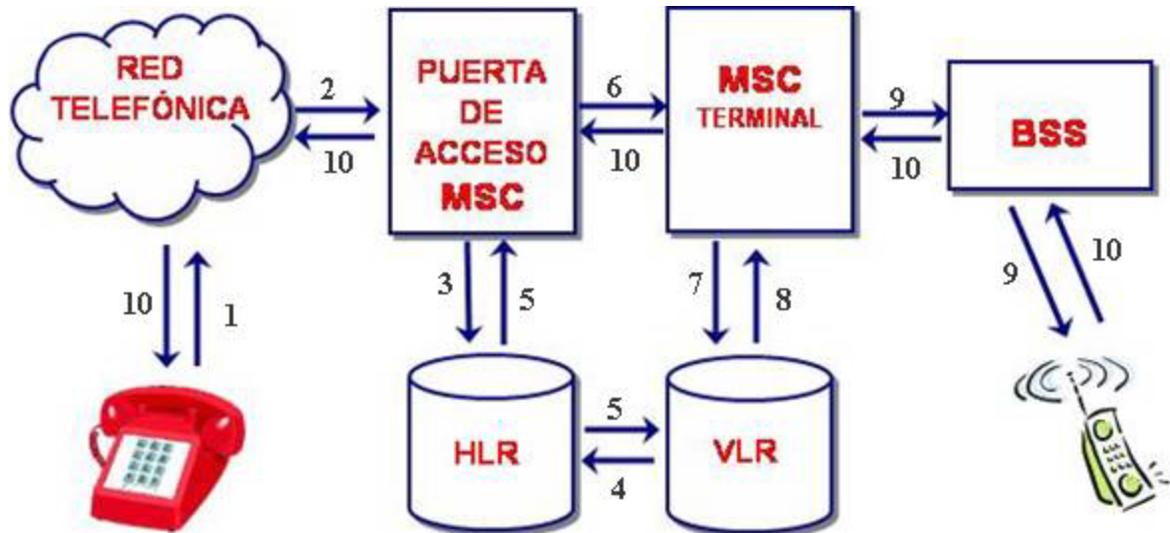


figura 2.3 enrutamiento de llamadas GSM

ACTUALIZACIÓN DE UBICACIÓN.

La figura 2.4 muestra un ejemplo de cómo un suscriptor puede vagar de una célula a otra y de cómo el sistema sigue la posta de dicho suscriptor. Cuando una estación móvil cruza

una frontera de una célula, la unidad móvil envía automáticamente su solicitud de actualización de ubicación (que también contiene su identificación) a la BSS. El mensaje se enruta al MSC de la nueva célula, que examina su VLR (VLR nueva en la figura 6). Si la VLR nueva no tiene información acerca de la identidad del mensaje para este usuario (porque el usuario llegó hace poco a esta área), envía un mensaje de solicitud de actualización de ubicación al registro de ubicación de origen del usuario (suceso 2). Este mensaje incluya la identidad del usuario así como la identidad del VLR que está enviando el mensaje. En el suceso 3, el HLR almacena la nueva ubicación que está enviando el mensaje. En el suceso 3, el HLR almacena la nueva ubicación del suscriptor como VLR nuevo y luego carga línea abajo la base de datos de suscripción del usuario en el nuevo VLR. Al recibir esta información, el nuevo VLR envía el acuse de recibo de la actualización de ubicación a través del nuevo MSC a la BSS y de vuelta al usuario móvil originador (suceso 4). Por último, en el suceso 5, el HLR envía un mensaje de cancelación de ubicación al VLR viejo para borrar los datos del suscriptor de su base de datos. Importante, sólo un VLR a la vez debe conocer al suscriptor móvil. En este ejemplo, cuando el suscriptor se ha movido a otra área (otra célula), ha sido necesario actualizar el VLR.

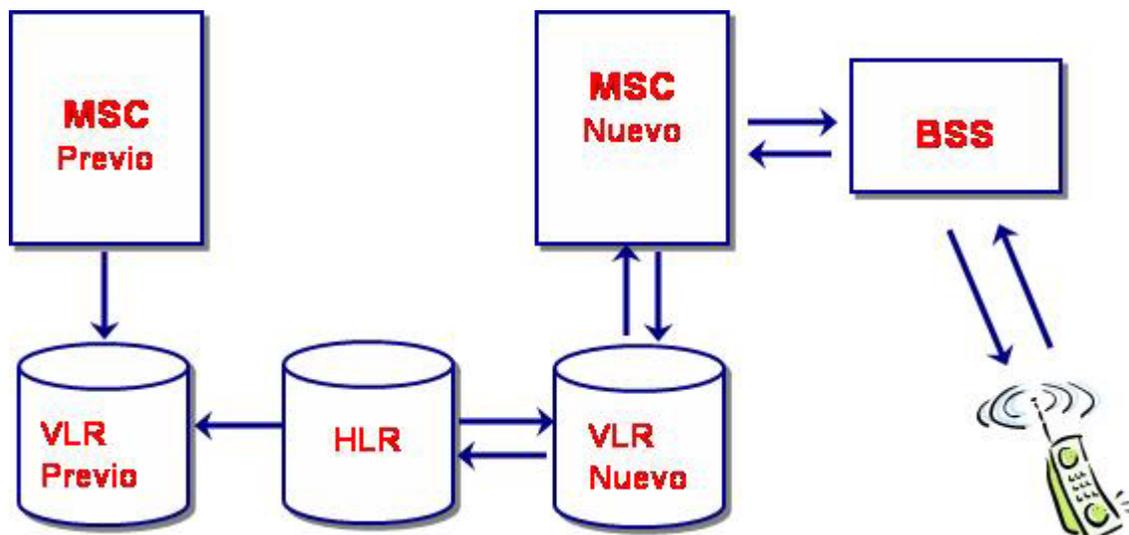


Figura 2.4 actualización de ubicación de usuario.

MODULACION EN GSM

MODULACIÓN GMSK ("GAUSSIAN MINIMUM SHIFT KEYING").

GMSK es un esquema de modulación binaria simple que se puede ver como derivado de MSK. En GMSK, los lóbulos laterales del espectro de una señal MSK se reducen pasando los datos NRZ modulantes a través de un filtro Gaussiano de premodulación. El filtro gaussiano aplana la trayectoria de fase de la señal MSK y por lo tanto, estabiliza las variaciones de la frecuencia instantánea a través del tiempo. Esto tiene el efecto de reducir considerablemente los niveles de los lóbulos laterales en el espectro transmitido. El filtrado convierte la señal (donde cada símbolo en banda base ocupa un periodo de tiempo (T) en una respuesta donde cada símbolo ocupa varios periodos. Sin embargo, dado que esta conformación de pulsos no cambia el modelo de la trayectoria de la fase, GMSK se puede detectar coherentemente como

una señal MSK, o no coherentemente como una señal simple FSK. En la práctica, GMSK es muy atractiva por su excelente eficiencia de potencia y espectral. El filtro de premodulación, por tanto, introduce interferencia intersimbólica (ISI) en la señal transmitida, y se puede mostrar que la degradación no es grave si el parámetro BT del filtro es mayor de 0.5. Debido que en GSM tenemos que el BT es 0.3, vamos a tener algunos problemas de ISI y es por ello por lo que en GSM la señal no es totalmente de envolvente constante.

La manera más simple de generar una señal GMSK es pasar una cadena de mensajes NRZ a través de un filtro gaussiano paso baja, seguido de un modulador de FM. Esta técnica de modulación se muestra en la Figura 2.5 y se usa actualmente en una gran cantidad de implementaciones analógicas y digitales, así como para GSM.

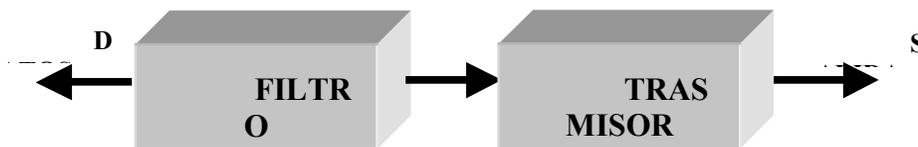


Figura 2.5 Diagrama de bloques de un transmisor GMSK usando generación directa de FM.

Vamos a utilizar los pasos mostrados en la Figura 2.6 para ver cómo se puede conseguir una señal MSK.

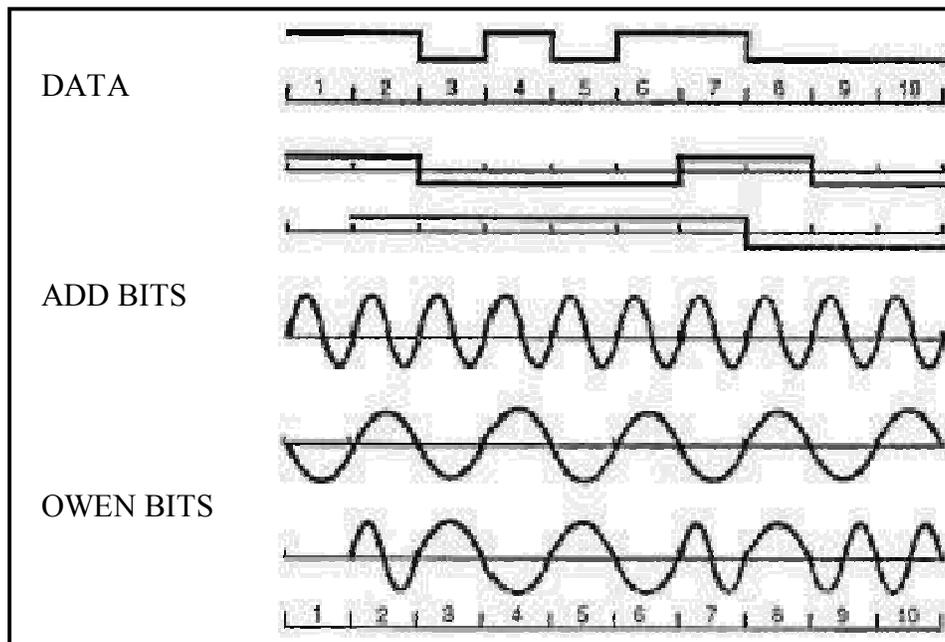


Figura 2.6 Generación de una señal GMSK

Las formas de onda de la Figura 2.6 están todas alineadas en fase. Las pequeñas escalas están para ayudar a comprender mejor las relaciones de fase entre las formas de onda. Empezamos con una cadena de datos, que modulará la portadora según el esquema MSK. Supongamos una cadena de 10 bits de datos, que van a ser 1101011000. Ahora vamos a dividir esta cadena de datos en dos señales: una formada por los bits impares y otra formada

por los bits pares. Vamos a mantener el valor de cada una de estas dos señales durante dos instantes de tiempo. En el caso de GSM, como el bit rate es de 270.833 kbps, entonces el bit rate de las señales impar y par será de la mitad, es decir de 135.4165 kbps. Las dos siguientes formas de onda que podemos ver en la Figura 2.6 son las señales portadoras de frecuencia alta y baja, respectivamente. Dado que MSK es una forma de FSK, necesitamos dos versiones de nuestra portadora con dos frecuencias diferentes. Para crear la señal MSK, debemos empezar con el bit número 2, y debemos fijarnos en la tabla 2.1. Para ese instante de tiempo, en el bit número 2, debemos fijarnos en el valor tanto de los bits impares como de los pares, y después hemos de mirar a la tabla 2.2. y hacer lo que nos digan las reglas de decisión. La señal de salida MSK será la que se nos indique teniendo en cuenta si la señal portadora tanto de frecuencia alta como de baja debe estar en fase o en contrafase.

ENTRADA DIGITAL		SALIDA MSK	
BIT IMPAR	BIT PAR	FRECUENCIA	FASE
1	1	ALTA	0
0	1	BAJA	π
1	0	BAJA	0
0	0	ALTA	π

Tabla 2.1

	C_4	C_3	C_2	C_1	C_0	$C_4 + C_3$	$C_4 + C_1$	$C_4 + \text{ent}$	Ent
INICIAL	0	0	0	0	0	0	0	1	1
PASO 1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
PASO 2	0	0	0	1	0	0	1	1	1
PASO 3	0	0	1	0	1	0	0	0	0
PASO 4	0	1	0	1	0	1	1	0	0
PASO 5	1	0	1	0	0	1	1	1	0
PASO 6	1	1	1	0	1	0	1	0	1
PASO 7	0	1	1	1	0	1	1	1	1
PASO 8	1	1	1	0	1	0	1	1	0
PASO 9	0	1	1	1	1	1	1	1	1
PASO 10	1	1	1	1	1	0	0	1	0
PASO 11	0	1	0	1	1	1	1	0	0
PASO 12	1	0	1	1	0	1	0	1	0
PASO 13	1	1	0	0	1	0	1	1	0
PASO 14	0	0	1	1	1	0	1	0	0
PASO 15	0	1	1	1	0	1	1	0	-

Tabla 2.2 Tabla de decisión.

Para conseguir una señal GMSK de una señal MSK, necesitamos tan solo filtrar la señal MSK con un filtro gaussiano de un ancho de banda definido por su $BT=0.3$, lo cual nos indica que el ancho de banda B debe ser de 81.3 KHz aproximadamente dado que $T=1/270833$. Las señales GMSK se pueden detectar usando detectores ortogonales coherentes como se muestran en la Figura 2.7 (parte superior), o con detectores no coherentes como los discriminadores normales de FM. Un método no óptimo pero efectivo de detectar señales GMSK es simplemente muestrear la salida de un demodulador de FM.

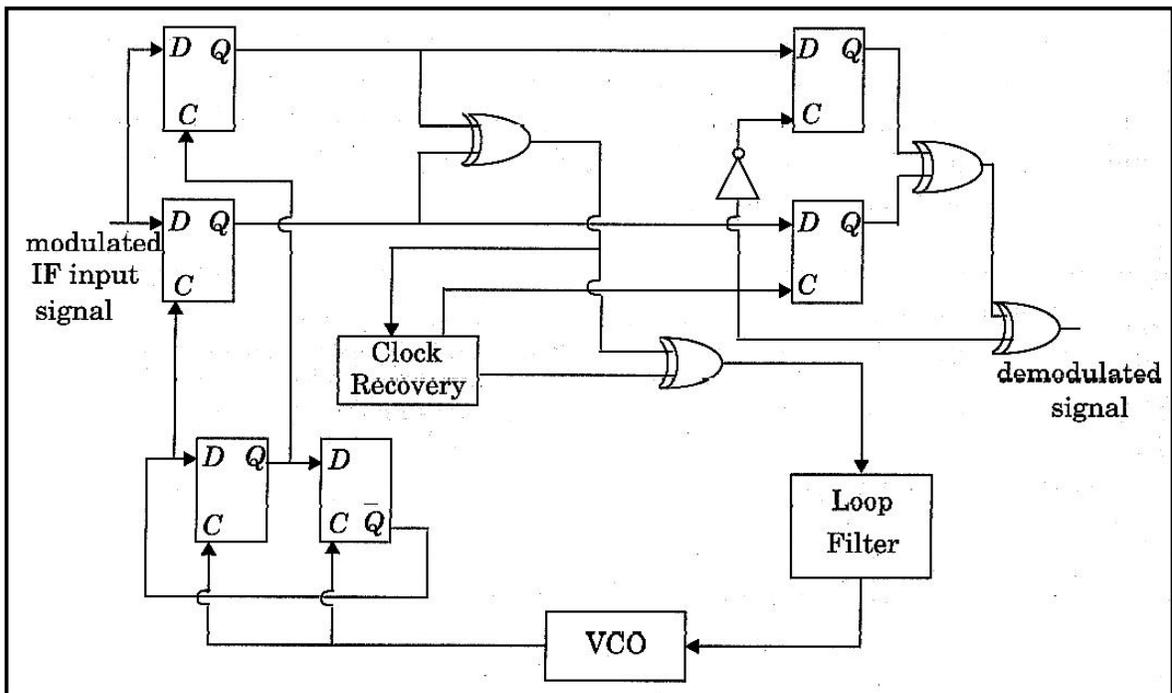
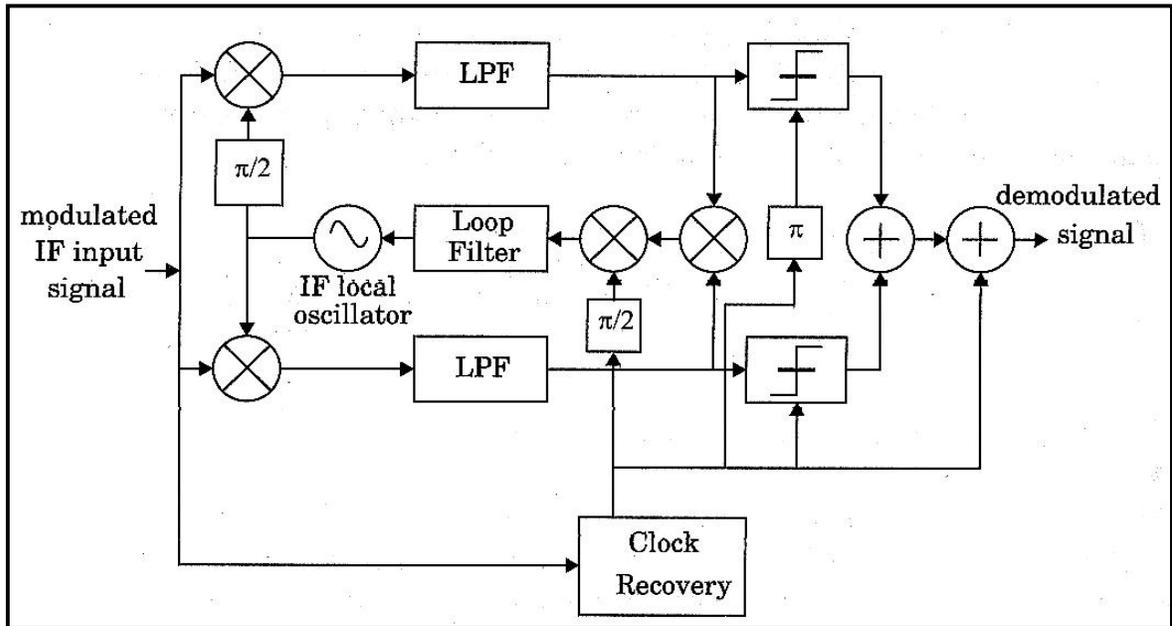


Fig. 2.7 Diagrama de bloques de un receptor GSMK (superior) y de un circuito digital para la demodulación de una señal GSMK (inferior).

METODOS DE ACCESO MULTIPLE EN GSM

ACCESO A SISTEMAS TRUNCADOS.

Si el número de canales disponibles para todos los usuarios de un sistema de radio es menor que el número de posibles usuarios, entonces a ese sistema se le llama sistema de radio truncado. El truncamiento es el proceso por el cual los usuarios participan de un determinado número de canales de forma ordenada. Los canales compartidos funcionan debido a que podemos estar seguros que la probabilidad de que todo el mundo quiera un canal al mismo tiempo es muy baja. Un sistema de telefonía celular como GSM es un sistema de radio truncado, porque hay menos canales que abonados que posiblemente quieran usar el sistema al mismo tiempo. El acceso se garantiza dividiendo el sistema en uno o más de sus dominios: frecuencia, tiempo, espacio o codificación, para el caso de GSM, utiliza una combinación entre FDMA Y TDMA, los cuales describiremos a continuación.

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.

ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN EN EL TIEMPO (TDMA).

TDMA ("Time Division Multiple Access") es común en los sistemas de telefonía fija. Las últimas tecnologías en los sistemas de radio son la codificación de la voz y la compresión de datos, que eliminan redundancia y periodos de silencio y decrementan el tiempo necesario en representar un periodo de voz. 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.

LAS BANDAS DE FRECUENCIA EN GSM

Como GSM han crecido por todo el mundo, se han ampliado para funcionar en cuatro bandas de frecuencia principales: 900, 1800, 1900 y 800, las cuales describiremos a continuación.

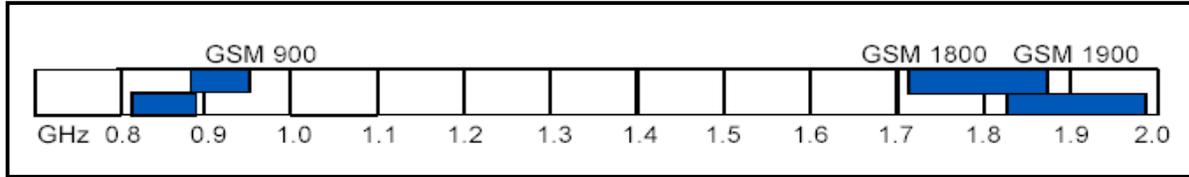


Figura 2.8 Bandas de Frecuencia de GSM.

GSM 900

La banda de frecuencia original especificada para el GSM era 900 Mhz. La mayoría de las redes del GSM por todo el mundo utilizan esta banda. En ciertos países y versión extendida del GSM 900 pueden ser utilizados, que proporciona capacidad adicional de la red. Esta versión extendida del GSM se llama E-GSM, mientras que la versión primaria se llama P-GSM.

GSM 1800

En 1990, para aumentar la competencia entre los operadores, el Reino Unido solicitó el comienzo de una nueva versión del GSM adaptada a la banda de frecuencia de 1800 Mhz. Las licencias se han publicado en varios países y las redes están en la operación completa.

Concediendo licencia para GSM 1800 además de GSM 900, un país puede aumentar el número de operadores. De esta manera, debido a la competencia creciente, se mejora el servicio a los suscriptores.

GSM 1900

En 1995, el concepto personal de los servicios de las comunicaciones (PCS) fue especificado en los Estados Unidos. La idea básica es permitir la comunicación "persona-persona" más bien que "estación-a-estación". Los PCS no requieren que tales servicios estén puestos en ejecución usando tecnología celular, pero éste ha demostrado ser el método más eficaz. Las frecuencias disponibles para los PCS son alrededor 1900 Mhz. Pues el GSM 900 no se podría utilizar en Norteamérica debido a la asignación anterior de las frecuencias de 900 Mhz, el GSM 1900 Mhz se considera como oportunidad de tender un puente sobre este boquete. La diferencia principal entre el GSM americano 1900 estándar y GSM 900 es la señalización del ANSI.

GSM 800

La Multi banda en el sistema de GSM de Ericsson ahora se realiza para incluir la banda de 800 Mhz, así aumentando la capacidad para los operadores con una licencia para esta frecuencia. Esta banda de frecuencia fue utilizada tradicionalmente por TDMA en los EE.UU.

PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES EN GSM

La figura 2.9 se muestra todas las operaciones que se realizan sobre la información a transmitir desde que sale del aparato transmisor hasta que llega al receptor.



Figura 2.9 Funciones de procesado de voz en GSM

CODIFICACIÓN DE LA FUENTE.

El servicio más importante ofrecido al usuario de GSM es la transmisión de voz. La telefonía es el principal generador de beneficios para las compañías de móviles, y justifica los enormes esfuerzos e investigaciones que se necesitan para instalar estas redes.

El requerimiento técnico general es simple: transmitir señales de voz con un nivel aceptable de calidad. En los sistemas analógicos de radio, la señal continua de baja frecuencia, también llamada como señal en banda base, modula la portadora de radio frecuencia. En el receptor, se realiza la demodulación de la señal de forma que se obtiene de nuevo la señal en banda base más el ruido introducido por el canal.

Debido a la reducida capacidad del canal de radio disponible, es deseable minimizar el número de bits que necesitamos transmitir. El dispositivo que transforma la voz humana en una cadena digital de datos que se puedan transmitir a través de la interfaz de radio y genera una representación analógica audible de los datos recibidos es el codec de voz. El codec de voz forma parte de cada estación móvil diseñado para la transmisión de voz.

El codec de voz en GSM es el denominado RPE-LTP ("Regular Pulse Exciting – Long Term Prediction"), que quiere decir excitación de pulsos regulares y predicción de periodo largo. Habrá, de suponer, un codec a velocidad media en un futuro. Este codec de velocidad

media, necesitará la mitad de datos de los necesarios actualmente para representar los sonidos de la voz humana, y por tanto permitirá el doble de usuarios de los actuales compartiendo la misma trama TDMA.

REQUISITOS PARA LA CODIFICACIÓN DE LA VOZ EN GSM.

La forma más sencilla para pasar una señal analógica a digital se implementa mediante convertidores analógicos-digitales, y viceversa. Pero estas técnicas de digitalización no son las únicas empleadas en transformar las señales en banda base analógicas, en digitales y viceversa. La codificación de la voz en GSM debe tener los siguientes requisitos:

La redundancia inherente a la señal de voz humana se reducirá significativamente. Hay una gran cantidad de redundancia en los sonidos del lenguaje humano, y si eliminamos la mayoría de esta redundancia, quedará una gran cantidad de tiempo útil para otros usuarios en el canal. El proceso de la codificación de voz se basa en quedarnos con la mínima cantidad de información necesaria para reconstruir la señal de voz en el receptor.

La calidad de la transmisión de voz bajo la condiciones del canal de radio debe ser al menos como la calidad ofrecida en los sistemas convencionales de telefonía celular bajo las mismas condiciones. - Las pausas en el flujo normal de las conversaciones telefónicas se deben detectar para suspender (opcionalmente) la transmisión durante estos periodos. Esta característica reducirá el tráfico, la interferencia entre celdas y la duración de las baterías de los móviles de mano. Esta función se llama transmisión discontinua (DTX).

FUNCIONAMIENTO DE LA CODIFICACIÓN - DESCODIFICACIÓN DE LA VOZ.

La Figura 2.10 nos muestra todos los componentes necesarios en el proceso de codificación y decodificación de la voz en GSM.

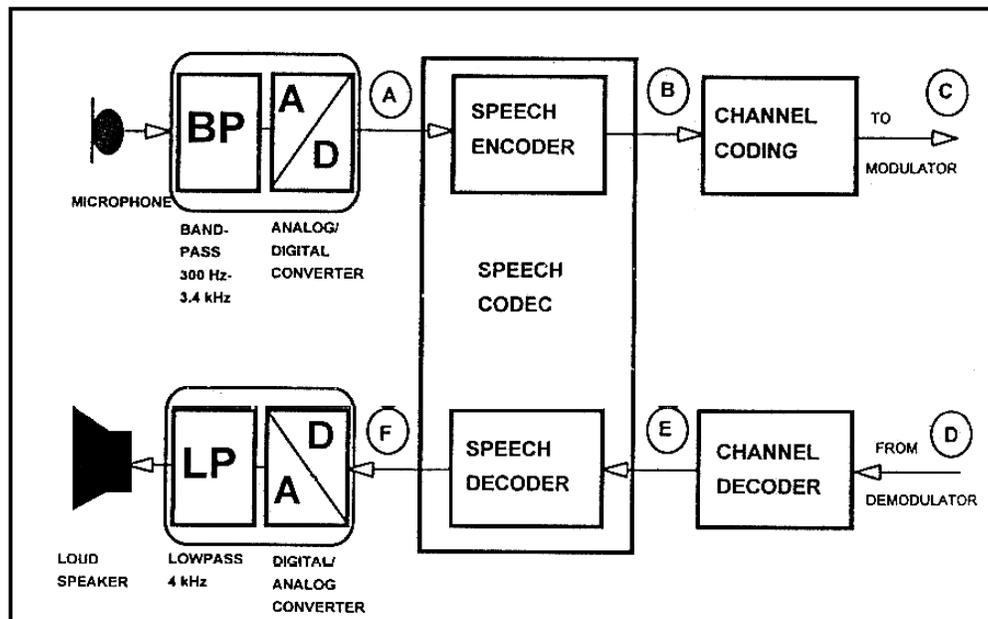


Figura 2.10 codificación y decodificación de la voz en GSM

El sonido se convierte en una señal eléctrica mediante el micrófono. Para digitalizar esta señal analógica, se tiene que muestrear. Si convertimos esta señal en datos directamente, forzamos al convertidor analógico digital (ADC) a hacer más trabajo del realmente necesario. Para reducir el trabajo, la señal se filtra paso baja, de forma que sólo contenga componentes en frecuencia por debajo de unos 4 KHz. La señal en banda base de telefonía se reduce al mínimo ancho de banda entre 300 Hz y 3.4 KHz, suficientes para el reconocimiento correcto de la voz. Después de filtrar, hemos de muestrear la señal. Muestreamos a una frecuencia de 8 KHz, y cuantizamos la señal en datos de 13 bits, por lo que la velocidad de transmisión en este primer nivel es de 104 kbps. Esta interfaz en el proceso de codificación de la voz se llama también interfaz de audio digital ("Digital Audio Interface" ó DAI). En el caso de una aplicación de transcoder de voz en la parte de red (en el BTS o en la BSC) esto es posible, y además práctico (ISDN). Pero, 104 kbps es una velocidad demasiado alta para ser transmitida a través de la interfaz de radio. El codificador de voz debe hacer algo para reducir significativamente esta velocidad extrayendo las componentes irrelevantes de la DAI.

CODIFICACIÓN POR PREDICCIÓN LINEAL (LPC) Y ANÁLISIS POR EXCITACIÓN DE PULSOS REGULARES (RPE).

Cada 20 ms, 160 valores de muestras del ADC se toman y almacenan en una memoria intermedia. Un análisis del conjunto de muestras de datos produce ocho coeficientes de filtro y una señal de excitación para un filtro digital invariante en el tiempo. Este filtro se puede tomar como una imitación digital del tracto bucal, donde los coeficientes del filtro representan modificadores del tracto (como los dientes, lengua, faringe, etc.), y la señal de excitación representa el sonido ("pitch", sonoridad, etc.) o la ausencia de este que pasamos a través del tracto bucal (filtro). Un conjunto correcto de coeficientes y una señal apropiada de excitación nos dan el sonido típico de la voz humana.

Este procedimiento, hasta ahora, no nos ha dado ninguna reducción de datos. La reducción se realiza en pasos posteriores, que toma las ventajas de ciertas características del oído humano y del tracto bucal. Las 160 muestras, transformadas en los coeficientes del filtro, se dividen en 4 bloques de 40 muestras cada uno. Cada bloque representa 5 ms de señal de voz. Estos bloques se clasifican en 4 secuencias, donde cada secuencia contiene un cuarto de las muestras de las 160 originales. La secuencia número 1 contiene las muestras 1, 5, 9, 13, ..., la secuencia número 2 contiene las muestras 2, 6, 10, 14, ..., y así sucesivamente con las secuencias 3 y 4. La primera reducción de datos viene cuando el codificador selecciona la secuencia con la mayor energía.

Esta codificación por predicción lineal y excitación por pulsos regulares tiene una memoria muy corta de aproximadamente 1 ms. Las consideraciones sobre una predicción de periodo largo sobre los bloques vecinos o adyacentes, no se consideran aquí. Hay numerosas correlaciones en la voz humana, especialmente en las vocales largas donde un mismo sonido se repite durante varias secuencias consecutivas. Esta segunda reducción se lleva a cabo mediante la función LTP.

ANÁLISIS POR PREDICCIÓN DE PERIODO LARGO (LTP).

La función LTP toma la secuencia seleccionada por el análisis LPC/RPE. Una vez aceptada la secuencia, se mira a las secuencias que previamente pasaron (durante una

memoria de 15 ms) y se busca la última secuencia que tuviera la correlación más alta con la secuencia actual.

Podemos decir que la función LTP busca la secuencia más similar de las recibidas a la actual. Ahora sólo se necesita transmitir el valor representado por la diferencia entre estas dos secuencias.

El codificador de voz manda un bloque de 260 bits (una trama de voz) cada 20 ms (posición B de la Figura 2.9). Por tanto se corresponde con una velocidad de 13 kbps, es decir una reducción en un factor 8 de los 104 kbps.

A los datos procedentes de la codificación de la fuente (Ver figura 2.9), se les aplica la codificación del canal que estudiaremos más adelante. La codificación del canal, curiosamente añade redundancia de nuevo a la señal, pero lo hace de forma que en el receptor se puedan eliminar ciertos errores causados por el canal. La codificación del canal incrementa el bit rate a 22.8 kbps. Antes de la codificación del canal los datos procedentes del codificador de voz, se ordenan de acuerdo a su función e importancia, para aplicar una codificación del canal selectiva. Tenemos 3 clases de importancia: la clase Ia, formada por los 50 primeros bits, la clase Ib formada por los bits siguientes hasta el 181, y finalmente, los 78 últimos bits que forman la clase II.

TRANSMISIÓN DISCONTINUA.

Como mencionamos antes, otra característica requerida en el transcoder de voz es la detección de las pausas en la voz. Cuando se detecta una pausa, suspendemos la transmisión de radio durante la duración de la pausa. El uso de esta característica es una opción de la red. La opción DTX tiende a reducir las interferencias entre celdas adyacentes y con las estaciones móviles cercanas a la base. Dado que el tiempo de transmisión se reduce, el consumo de potencia de la estación móvil de mano se reduce, lo cual da a los usuarios la posibilidad de tener baterías de menor tamaño. Las pausas en una conversación normal ocurren de forma que aparecen durante un 50% del tiempo aproximadamente. Esto significa que un canal de voz sólo se está usando la mitad del tiempo que el locutor lo usa.

La posibilidad de usar DTX ha incluido dos características adicionales:

- Detección de la Actividad de Voz ("Voice Activity Detection" ó VAD) que determina la presencia o ausencia de voz en el teléfono. Esto no es fácil de implementar, dado que debe de funcionar bien incluso cuando haya un alto nivel de ruido de fondo, como en un coche.
- La ausencia total de sonido puede molestar al usuario en el receptor del canal de radio; la terminal parece como estar muerta, y los usuarios tienden a hablar demasiado alto cuando no escuchan nada. Es necesario que haya un mínimo de ruido convencional de fondo durante las pausas, y este ruido de fondo se le suele llamar presencia. Esto se suele hacer enviando un tipo especial de tramas cada 480 ms llamadas tramas descriptoras de silencio (SID). Una vez que el receptor detecta la llegada de una trama SID genera su propio ruido de fondo llamado ruido de confort, que da al sistema la presencia.

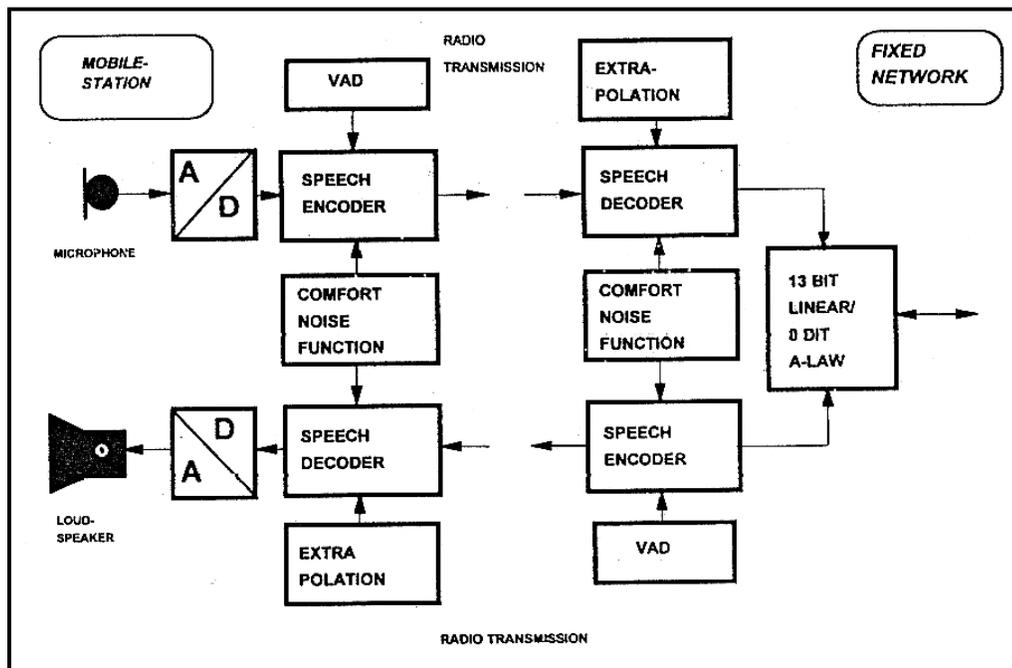


Figura 2.11 Procesado de voz en GSM.

En la Figura 2.11 podemos ver los bloques implicados en la codificación, transmisión y decodificación de la voz en GSM.

INTERFASES DEL SISTEMA GSM.

A continuación se describen, las interfaces que constituyen el sistema GSM.

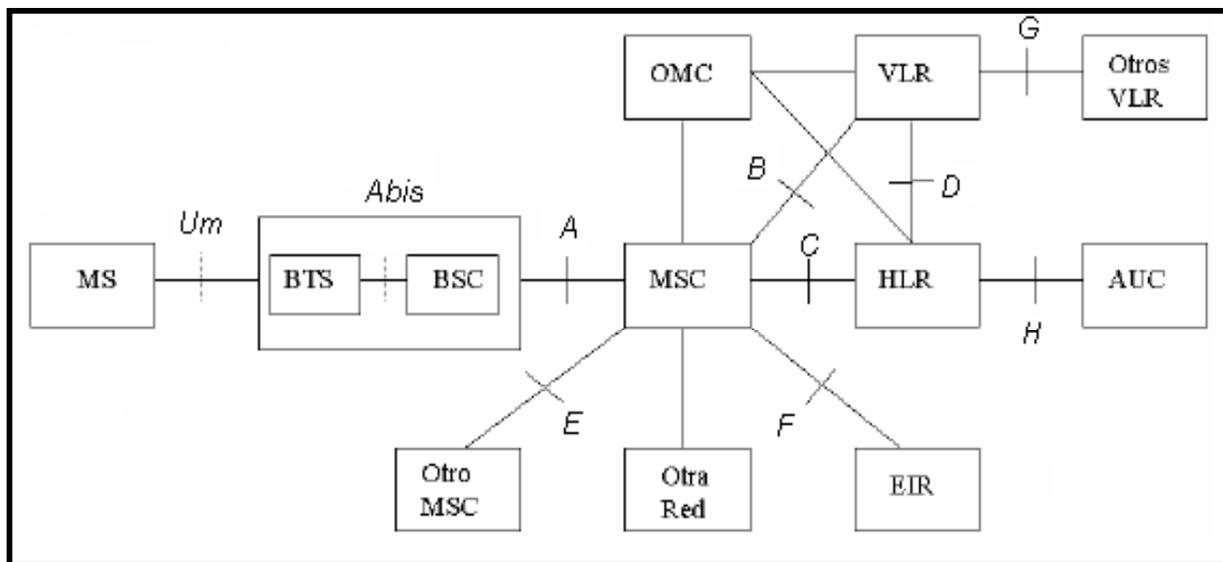


Fig. 2.12 Interfases de una red GSM

INTERFAZ UM.

La interfaz es utilizada por las estaciones móviles para acceder a todos los servicios y utilidades del sistema GSM, empleando para ello los sistemas de la estación base como punto de conexión con la red, también es conocida como interfaz aire.

INTERFAZ A

Esta interfaz es entre la BSC y el BSS (MSC), se utiliza fundamentalmente para el intercambio de información relacionada con las siguientes funciones:

Gestión del BSS.

Manejo de la llamada

Gestión de la movilidad

Se utiliza una conexión de 2 Mbps dependiendo si es por enlace de microondas o varía si es por algún otro medio como fibra óptica.

Las BSC's son físicamente conectadas vía enlaces dedicados rentados o enlaces de microondas a hacia el MSC. La interfase A utiliza un protocolo SS7 llamado Singnaling Correction Control Part (SCCP) el cual permite comunicación entre MSC y la BSS así como los mensajes de red entre los subscriptores y el MSC. La interfase A permite proporcionar servicios para ser usados en las BTS's en el equipo de Switching fabricado por diferentes proveedores tecnológicos.

INTERFAZ A-BIS

La interfaz A-bis se encuentra entre BTS y BSC permite conectar de una forma normalizada estación base y controladores de estación base independientemente de que sean realizadas por un mismo suministrador o por suministradores distintos, esta interfaz soporta dos tipos de comunicación: canales de tráfico a 64 kbps o de 16 kbps para tráfico y señalización.

La interfaz A-bis transporta datos de tráfico y de mantenimiento, es específica para GSM por todos los proveedores tecnológicos, en la práctica mas sin embargo el ABIS para cada proveedor tecnológico de GSM tiene pequeñas diferencias por lo que el proveedor es forzado a utilizar el mismo proveedor tecnológico para el equipo de BTS's y BSC's.

INTERFAZ B

Esta interfaz permite una conexión entre el MSC y el VLR para tener un control de los móviles visitantes y poder ofrecerles los servicios del sistema.

INTERFAZ C

Esta interfaz es entre el MSC y el HLR, se utiliza fundamentalmente para las siguientes funciones:

Al final de una llamada en la que un móvil tiene que ser tarifado, la MSC de ese móvil puede enviar un mensaje de tarifación al HLR.

Cuando la red fija no puede realizar el procedimiento de interrogación necesario para el establecimiento de una llamada hacia un usuario móvil la cabecera de MSC debe interrogar al HLR del usuario llamado para conocer el número de seguimiento

INTERFAZ D

Esta interfaz es entre el HLR y el VLR, se utiliza para intercambiar los datos relacionados con la posición del móvil y los datos de suscripción del usuario.

INTERFAZ E

Cuando una estación se desplaza del área controlada por una MSC al área de otra MSC distinta, es necesario realizar un procedimiento de traspaso para poder continuar con la conversación. En este caso, las MSCs deben intercambiar datos para poder llevar a cabo esta operación.

INTERFAZ F

Procedimiento para intercambio de datos entre la MSC y el EIR.

INTERFAZ G

Procedimiento para intercambio de datos entre la VLR y otra VLR.

INTERFAZ H

Procedimiento para intercambio de datos entre la HLR y el AuC.

Las primeras tres capas están basadas en las capas física, enlace de datos y de red del modelo OSI. Para conectarse con otras redes se utiliza el MAP, que utiliza el TCAP de SS7.

La interfaz con las redes externas requiere un gateway para la adaptación (funciones de interworking), cuya información es más o menos importante dependiendo del tipo de datos y de la red a la que se accede.

TIPOS DE CANALES EN GSM.

La interfase de radio entre móvil y BSS utiliza el protocolo de acceso al enlace en el canal Dm. Cada canal físico soporta varios canales analógicos usados para tráfico y señalización. 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 o ranuras de tiempo de las tramas para los diferentes canales lógicos.

Los canales lógicos se pueden separar principalmente en 2 categorías:

CANALES DE TRAFICO.

Estos pueden ser de tasa completa o media tasa, además dependiendo si contiene voz codificada o datos de la velocidad del canal.

Los canales de tráfico transportan voz digitalizada o datos de usuario tienen funciones y formatos idénticos en ambas trayectorias

CANALES DE CONTROL.

Se dividen en otros tres canales, Broadcast, corrección de frecuencia y canal de señalización.

Los canales de control transportan señalización y comandos de sincronía entre la BTS y los MS. Ciertos tipos de canal de control son definidos para solo el downlink y el up link.

CANALES DE TRÁFICO EN GSM (TCH)

Los canales de tráfico en GSM pueden ser de velocidad completa (full rate) o de velocidad media (half rate) y pueden transmitir ya sea voz digitalizada o datos de usuario, cuando se transmite a velocidad completa, los datos están contenidos en un TS por trama, y cuando se transmite a la mitad de la velocidad los datos de usuario están mapeados en el mismo TS pero son enviados en tramas alternas, esto es que los dos canales de usuario al half rate podrían compartir el mismo TS, pero pueden transmitir alternadamente durante cualquier otra trama.

En el estándar GSM los datos de canal de tráfico no pueden ser enviados en el time slot 0 (TS = 0) dentro de una trama, en ciertos ARFCN los cuales sirven como estación transmisora para cada celda (Como el TS 0 es reservado para canal de control en la trama).

Además las tramas de canal de datos de TCH son interrumpidos cada 13va trama ya sea por un canal de control asociado lento (SACCH) o tramas en IDLE (espera). Los datos en el canal de tráfico son transmitidos en tramas consecutivas, cada grupo de 26 tramas consecutivas de TDMA es llamado multitrama o multitrama de voz.

Para cada 26 tramas la 13 va. y 26 va trama consiste en datos de SACCH o en una trama en espera (IDLE). La trama 26va trama contiene bits en idle cuando los canales de tráfico son usados en full rate y contienen datos SACCH cuando se usa TCHs a media velocidad.

CANALES DE TRÁFICO EN FULL RATE

Los siguientes canales de datos y de voz son permitidos para full rate:

CANAL DE VOZ EN FULL RATE (TCH/FR).

Este canal transporta la voz del usuario a una velocidad de 13 Kbps, después de la codificación del canal, la velocidad es de 22.8 Kbps.

CANAL DE DATOS A FULL RATE PARA 9.6 KBPS, (TCH/F9.6).

El canal de datos adicionalmente lleva un código de corrección aplicado por el estándar GSM por lo que los 9.6 Kbps se convierten en 22.8 Kbps por la adición de corrección de errores aplicada.

CANAL DE DATOS A FULL RATE PARA 4.8 KBPS (TCH/F4.8).

El canal de datos adicionalmente lleva un código de corrección aplicado por el estándar GSM por lo que los 4.8 Kbps se convierten en 22.8 Kbps por la adición de corrección de errores aplicada.

CANAL DE DATOS A FULL RATE PARA 2.4 KBPS (TCH/F2.4).

El canal de datos adicionalmente lleva un código de corrección aplicado por el estándar GSM por lo que los 2.4 Kbps se convierten en 22.8 Kbps por la adición de corrección de errores aplicada.

CANALES DE TRÁFICO EN HALF RATE

Los siguientes canales de datos y de voz son permitidos para half rate:

CANALES DE VOZ EN HALF RATE (TCH/HS).

El canal de voz en half rate ha sido diseñado para transportar voz digitalizada la cual esta muestreada a la mitad de la velocidad de full rate. GSM anticipa la disponibilidad de vocoders los cuales pueden digitalizar la voz a alrededor de 6.5 Kbps. Con el código agregado de GSM para digitalizar la voz, el canal de voz el half rate transportará 11.4 Kbps.

CANAL DE DATOS EN HALF RATE PARA 4.8 KBPS (TCH/H 4.8).

El canal de datos de tráfico en half rate proporciona una transmisión de datos de usuario el cual es enviado a 4.8 Kbps con el código de corrección aplicado al forward por el estándar GSM los datos son enviados a 11.4 Kbps.

CANAL DE DATOS PARA HALF RATE EN 2.4 KBPS (TCH/H2.4).

El canal de tráfico a half rate transporta datos de usuario el cual es enviado a 2.4 Kbps con la aplicación de código de errores en el forward por el estándar GSM los datos son enviados a 11.4 Kbps.

CANALES DE CONTROL.

Los canales de control soportan señalización y datos de sincronización entre estaciones base y móviles. Existen tres principales categorías de canales de control en el sistema GSM: Estos son de difusión (BCH, Broadcast Channel), común (CCCH, Common Control Channel) y dedicado (DCCH, Dedicated Control Channel). Cada canal de control consiste en varios canales lógicos los cuales son distribuidos en tiempo para proporcionar funciones necesarias de control en GSM.

EL BCH y el CCCH son implementados solo en ciertos canales ARFCN (Absolute Radio Frequency Channel Number) y son colocados en TS (Time Slot) de una manera muy específica. Especialmente, los canales de control en forward BCH y CCCH son colocados solo en TS = 0 y son transmitidos únicamente durante ciertas tramas durante la multitrama de canal de control (51 tramas). En esos ARFCNs los cuales están designados como canales de transmisión TS = 1 hasta TS = 7 regularmente transportan canales de tráfico así que los ARFCNs los cuales están designados como canales de control que son aún capaces de transportar datos de usuarios en 7 de los 8 TS.

La Especificación GSM define 34 ARFCNs como canales estándares para transmitir por cada canal de transmisión la trama 51 no contiene ningún DCH/CCCH en el canal de forward y es considerado para hacer una trama en idle. Sin embargo en el canal de reverse CCCH es capaz de recibir transmisiones de los suscriptores durante TS = 0 de cualquier trama aún en la trama de idle. Por otra parte, datos DCCH pueden ser enviados durante cualquier time slot y cualquier trama y tramas enteras son específicamente dedicadas a la transmisión de DCCH

CANALES DIFUSION (BCH – BROADCAST CHANNEL).

Opera solamente en el downlink de un específico ARFCN dentro de cada celda y transmite solo información en el primer Time Slot (TS0) de ciertas tramas de GSM. A diferencia de los TCHs los cuales son canales duplex, los BCHs solo se usan en el downlink. El BCH es usado como una guía para situar a todos los móviles más cercanos e identificar y permitir el acceso a cualquier móvil cercano.

El BCH proporciona la sincronización para todos los móviles dentro de cada celda y ocasionalmente es monitoreado por los móviles en las celdas vecinas para recibir datos de potencia y poder tomar las decisiones de handover. La información del BCH es transmitida en el TS0, y los otros 7 time slots en una trama de GSM en ese mismo ARFCN están disponibles para datos de TCH, datos DCCH o están completados con ráfagas falsas o vacías. Además los 8 time slots en los otros ARFCN dentro de las celdas están disponibles para la información.

Dentro de los canales de difusión BCH se definen 3 tipos de canales separados que tienen acceso al TS0, durante varias tramas de la multitrama de control formada por 51 tramas y que se describen a continuación:

BROADCAST CONTROL CHANNEL (BCCH).

Únicamente en Downlink. El BCCH es un canal de control que es usado para enviar información de identificación de la celda y de la red, así como características operativas de la celda (Ejemplo: LAC Local Área Code, Identificación del Operador de Red y Lista de Vecinos). Esta información incluye detalles de la configuración de los canales de control en la BTS, una lista de las frecuencias de los canales de control de las células adyacentes.

FREQUENCY CORRECTION CHANNEL (FCCH).

Únicamente en Downlink. El FCCH es una ráfaga de datos que ocupa el TS0 para la primera trama (frame 0) dentro de la multitrama del canal de control y que se repite cada 10 tramas. Esto para la corrección y transmisión de la frecuencia estándar del móvil. El FCCH permite a cada móvil sincronizar su frecuencia interna de oscilación a la frecuencia exacta de la estación base.

SYNCHRONIZATION CHANNEL (SCH).

Únicamente en Downlink. El SCH es transmitido en TS0 de la trama inmediata después del FCCH y es usado para identificar a la estación base servidora mientras que permite a cada móvil la sincronización de las tramas con la estación base. El numero de trama (FN - frame number) que oscila entre 0 hasta 2 715 647 se envía con el código de

identificación de la estación base (BSIC - Base Station Identity Code) durante la ráfaga del canal de sincronización. Dado que un móvil puede estar hasta a 30 kilómetros o más de la BTS es necesario frecuentemente ajustar la sincronización de un usuario móvil en particular de forma que la señal recibida en la estación base se sincroniza con el reloj de esta.

La figura 2.13 muestra la distribución de los canales de GSM

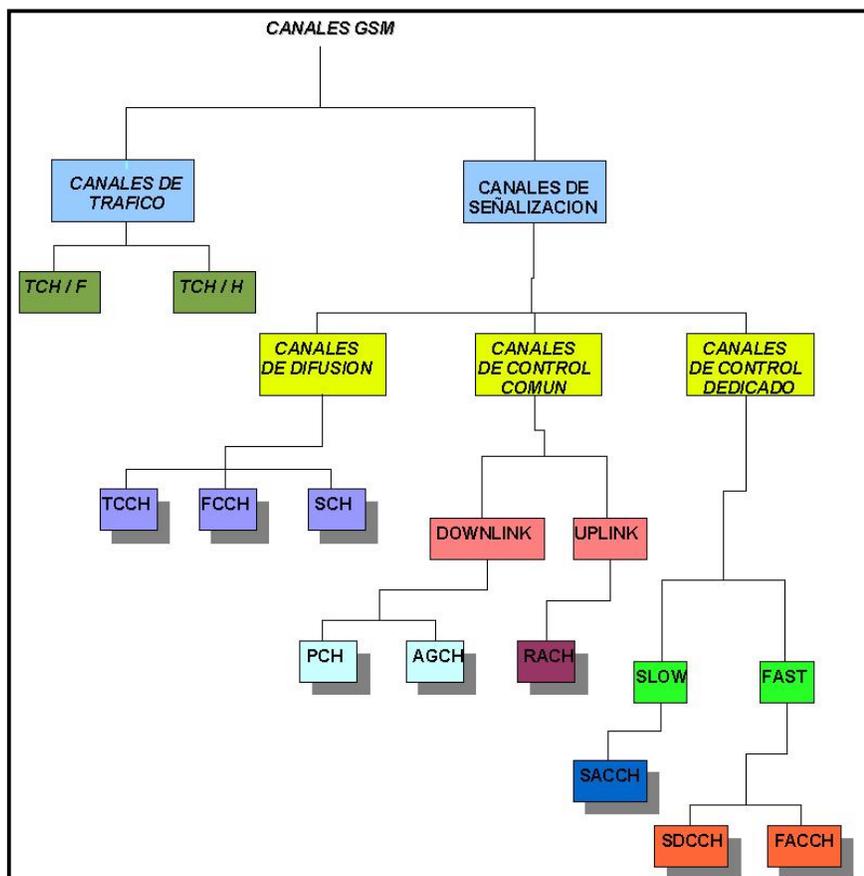


Figura. 2.13 Distribución de los canales de GSM

CANALES DE CONTROL COMÚN (CCCH - COMMON CONTROL CHANNELS)

Son un conjunto de canales usados en uplink y downlink situados entre el móvil y la BTS. Estos canales son usados para llevar información desde la red al móvil y viceversa además proporcionar acceso a la red. En aquellos ARFCN reservados para BCHs, los canales de control común ocupan el TS0 de cada trama que no este ocupada por los BCHs o por tramas en espera (IDLE)

Un CCCH esta formado de 3 diferentes canales: el canal de búsqueda (PCH – Paging Channel), el cual esta en un canal de downlink, el canal de acceso aleatorio (RACH - Randum Access CHannel) el cual esta en un canal de up link y el canal de acceso concedido (AGCH - Access Grant CHannel) el cual esta en un canal de downlink. Como se observa en la figura los CCCH son los canales de control mas comúnmente usados y son también usados para llamar a los suscriptores en específico, asigna los canales de señalización para usuarios en específico y recibe las peticiones del móvil para el servicio. Estos canales se describen abajo:

CANAL DE BÚSQUEDA (PCH - PAGING CHANNEL).

Únicamente en Downlink. El PCH proporciona señales de paging desde la estación base a todos los móviles en la celda y notifica a un móvil en específico de una llamada entrante la cual es originada desde la PSTN u otra red. El PCH transmite el IMSI (International Mobile Subscriber Identity) del suscriptor destino, junto con una petición para el reconocimiento de la unidad móvil en el RACH. Alternativamente, el PCH puede ser usado para proporcionar mensajes de texto en ASCII a todos los suscriptores, como parte del servicio SMS de una red GSM.

CANAL DE ACCESO ALEATORIO (RACH - RANDOM ACCESS CHANNEL).

Únicamente en Up link. El RACH es un canal usado para confirmar una búsqueda procedente de un PCH y también es usado por los móviles para originar una llamada. El RACH usa un esquema de acceso slotted o ranurado conocido como ALOHA. Todos los móviles deben solicitar el acceso o responder ante una petición por parte de un PCH dentro del TS0 de una trama GSM. En la BTS cada trama (incluso la trama en IDLE) aceptará las transmisiones RACH de los móviles durante el TS0. Para establecer el servicio, la estación base debe responder a la transmisión RACH dándole un canal de tráfico y asignándole un canal de control dedicado (SDCCH – Stand-alone Dedicated Control CHannel) para la señalización durante una llamada. Sin embargo si dos peticiones intentan entrar al sistema al mismo tiempo aparece una colisión en la BTS al recibir dos señales por el mismo canal al mismo tiempo, para evitar este tipo de colisiones si un móvil no recibe respuesta, espera un tiempo aleatorio para volverlo a intentar. Esta conexión es confirmada por la estación base sobre el AGCH.

CANAL DE ACCESO CONCEDIDO (AGCH - ACCESS GRANT CHANNEL).

Únicamente en Downlink. El AGCH es usado por la estación base para proporcionar un enlace de comunicaciones con el móvil y transporta información 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 AGCH es el ultimo mensaje enviado por la estación base antes de que un abonado sea trasladado al canal de control. El AGCH es usado por la estación base para responder a un RACH enviado por el móvil en una trama previa CCCH. A grandes rasgos asigna un canal de tráfico o de señalización al móvil.

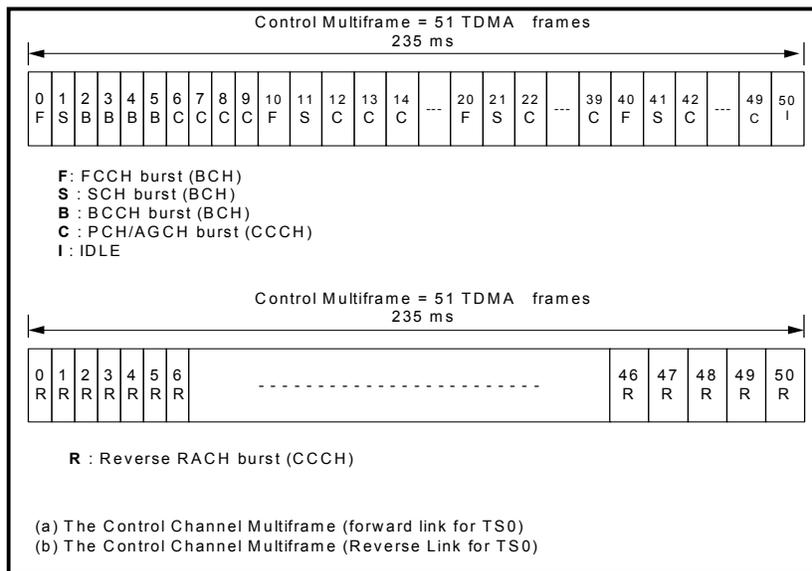


Figura 2.14 Control multiframe.

CANALES DE CONTROL DEDICADO (DCCH - DEDICATED CONTROL CHANNELS).

Responsables principalmente de roaming, handovers, encriptación etc. Existen 3 tipos de canales de control dedicados, y como los canales de tráfico son bidireccionales tienen el mismo formato y función en el up link y downlink. Así como los TCHs los DCCHs pueden existir en cualquier slot de cualquier ARFCN excepto en el TS0 que esta reservado al BCH de los ARFCN. Los SDCCH (Stand-alone Dedicated Control Channel), son usados para proporcionar servicios requeridos por los usuarios. El SACCH y FACCH (Slow Associated Control Channel y Fast Associated Control Channel), son usados para supervisar los datos de transmisión entre la BTS y al MS en una llamada, las funciones realizadas por estos canales de control se detallaran a continuación:

CANAL DE CONTROL DEDICADO AUTOSUFICIENTE (SDCCH – STAND-ALONE DEDICATED CONTROL CHANNEL).

Proporciona datos de señalización, siguiendo la conexión del MS con la BTS, y es creado justo antes de la conexión con la estación base. El SDCCH se asegura que la MS y la BTS mantienen una conexión mientras la BTS y el MSC verifican los datos del usuario y asignan recursos. El SDCCH puede ser considerado como un canal intermedio y temporal que acepta una nueva llamada procedente de un BCH y mantiene el tráfico mientras espera que la estación base asigne un TCH. Este canal es usado para enviar mensajes de autenticación y de alertas (pero no de voz) al momento en que el móvil se sincroniza con la estructura de la trama y espera la asignación de un canal de tráfico. Al SDCCH se le puede asignar su propio canal físico, o puede ocupar el TS0 del BCH, si la demanda de BCHs o CCCHs es baja.

Es necesario mantener una actualización constante de la posición de cada móvil en todo momento, incluso cuando no exista llamada en proceso. Para no utilizar

innecesariamente los recursos de radio disponibles, se utiliza este canal con un mucho menor ancho de banda asignado a cada móvil y que mantiene una comunicación constante entre el móvil y la BTS. La tasa de transmisión de este canal es de aproximadamente una octava parte del que se usa normalmente en un canal de tráfico.

CANAL DE CONTROL ASOCIADO LENTO (SACCH - SLOW ASSOCIATED CONTROL CHANNEL)

Por medio de este canal se envía información no prioritaria y siempre esta asociado con un TCH o un SDCCH y ubicados en el mismo canal físico. Este canal esta presente todo el tiempo que un lazo dedicado se establezca. De esta manera, cada ARFCN contiene sistemáticamente datos SACCH para todos sus actuales usuarios y lleva información general entre la MS y la BTS.

En el downlink es usado para enviar información lenta pero regular, información de cambios de control al móvil, como instrucciones específicas sobre la potencia a transmitir e instrucciones específicas de sincronía para cada usuario del ARFCN. En el up link, lleva información acerca del nivel de potencia de la señal recibida y de la calidad del TCH así como las mediciones de BCH provenientes de las celdas vecinas. El SACCH es transmitido durante la trama 13 (y la 26 si es usada en half rate) de cada multitrama de control, y dentro de esta trama el TS8 es usado para proporcionar los datos del SACCH en cada usuario en full rate en el AFCN. Como ejemplos de los usos de este canal se encuentran: decisiones de handover, asignación de TCH o SDCCH y procedimientos no urgentes en la red.

CANAL DE CONTROL ASOCIADO RÁPIDO (FACCH – FAST ASSOCIATED CONTROL CHANNEL)

El FACCH transporta mensajes urgentes y contienen esencialmente el mismo tipo de información que el SDCCH. Un FACCH es asignado cuando un SDCCH no ha sido asignado para un usuario en particular y existe un mensaje urgente (como una respuesta del handover). El FACCH gana tiempo de acceso a un slot robando tramas del canal de tráfico al que este asignado. Esto es hecho activando 2 bits especiales llamados bits de robo (stealing bits) en una ráfaga de datos sobre el TCH en el downlink. Si estos dos bits están establecidos, el TS es reconocido como datos del FACCH y no como un dato de TCH para esta trama.

USO DE LOS CANALES DE TRAFICO DE GSM

Para entender el uso de los diversos canales de tráfico y control que se describieron, consideremos el caso de una originación en GSM.

Primero el móvil debe sintonizarse al BCH de la celda mas cercana recibiendo el FCCH, SCH y BCCH el usuario deberá ajustarse al sistema y al apropiado BCH que se encuentre disponible en ese momento.

Para la originación, el usuario marcará el número al que quiera comunicarse y dará “send”, el móvil transmite una ráfaga de datos del RACCH, usando el mismo ARFCN y misma BTS, entonces la BTS responde con un AGCH en el CCCH, el cual asigna al móvil un nuevo canal para conexión del SDCCH. El móvil el cual esta monitoreando el TS0 del BCH deberá recibir su ARFCN y asignación de TS ordenado por el AGCH y deberá inmediatamente sincronizarse al nuevo ARFCN y TS.

Este nuevo ARFCN y TS es la asignación física del SDCCH (no el TCH), una vez sintonizado el SDCCH el móvil espera una trama de SACCH transmitida la cual informa al móvil el tiempo a ajustarse y transmitir el comando de potencia. La BTS es capaz de determinar el tiempo de ajuste y el nivel de señal del móvil en la inicial transmisión del RACH y envía el correcto valor de SDCCH, para el proceso del móvil, la unidad móvil es capaz de enviar un mensaje solicitando un canal de tráfico.

El SDCCH envía un mensaje entre el móvil y la BTS, tomando en cuenta la autenticación y validación del usuario, mientras la PSTN conecta la parte llamada a la MSC y esta rutea la trayectoria de voz hacia la BTS servidora, después de unos segundos el móvil es llamado vía la BTS y mensaje de SDCCH se resincroniza a un nuevo ARFCN y TS par al asignación de un TCH. Una vez en el TCH, los datos de voz son transmitidos en ambas trayectorias, y la llamada es completada exitosamente en esta forma y el SDCCH queda vacante.

Cuando la llamada es originada desde una PSTN, el proceso es similar. La BTS emite un mensaje PCH durante TS0 dentro de un apropiado BCH. El móvil se sintoniza en el mismo ARFCN detecta su page y contesta con un mensaje de RACH de reconocimiento del Page. La BTS entonces usa un AGCH en el CCCH para asignar al móvil en un canal físico para conectarlo hacia el SDCCH y SACCH mientras la BTS y la red son conectados. Una vez que el usuario establece el ajuste en tiempo y autenticación en el SDCCH, la BTS emite un nuevo canal físico asignado sobre el SDCCH y la asignación de un TCH es hecho.

LAS RAFAGAS GSM.

Cada usuario transmite una ráfaga de datos al time slot asociado. Estas ráfagas de datos pueden contener uno de cinco formatos de ráfagas específicas definidas en GSM.

La velocidad de 148 bits que modula una portadora GSM es de 270.833 kbits/s (un inusual tiempo de guarda de 8.25 bits es proporcionado al final de cada ráfaga), significando un intervalo de 577 μ s que corresponde una duración de 156.25 bits de duración. Se denomina BURST a esta ráfaga o secuencia de datos de extensión. El burst esta compuesto de una parte útil y una de guarda. La primera contiene los datos para ser transmitidos, una secuencia de entrenamiento y una cola de bits. En la segunda, el periodo de guarda, no se transmite nada y su propósito es permitir una variación en el tiempo de llegada del burst sin que se solapen las partes útiles de los burst adyacentes.

Las especificaciones del estándar usado en esta tecnología define 5 tipos de ráfagas, que se enumeran a continuación:

RÁFAGA NORMAL (NB – NORMAL BURST):

Se usa para llevar información sobre canales de tráfico o de control tanto para uplink como para el downlink y consiste en 26 bits de secuencia training los cuales permiten al equalizador del móvil o en el receptor de la estación base analizar las características del canal de radio antes de decodificar los datos de usuario. y dos bloques de 58 bits de información incluyendo 1 bit por bloque que es conocido como Stealing Flag (SF) o bandera de robo que es usada para distinguir si los TS contienen información de voz (TCH) o de control (FACCH) ya que ambos comparten el mismo canal físico. Al final y al inicio de cada ráfaga se añaden 3 bits llamados tail o cola (TB). La duración total de una ráfaga es de 148 bits con un periodo de

guarda de 8.25 bits. Los bits de Training se utilizan para probar al canal de radio, para que el de modulador en el receptor pueda evitar los problemas de propagación por varias rutas o multipath.

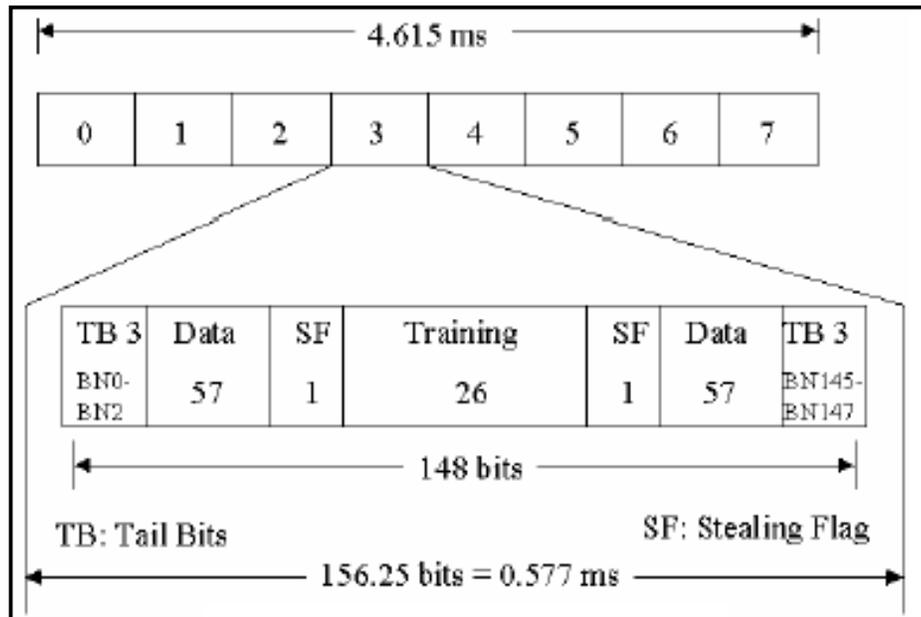


Figura 2.15 Estructura de la ráfaga normal.

RÁFAGA DE CORRECCIÓN DE FRECUENCIA (FB - FREQUENCY CORRECTION BURST):

Esta es utilizada para la sincronización de la frecuencia en el móvil. Los contenidos de esta ráfaga son usados para calcular la oscilación senoidal y la demodulación. También permite al móvil encontrar más fácilmente el canal de difusión y consta de 142 bits llamados arreglado todo a cero, al final e inicio de cada ráfaga se añaden 3 bits llamados tail o cola (TB), además esta ráfaga la tiene la función de detectar una portadora especial que es transmitida por cada BTS. Esta portadora se llama canal de control de broadcast.

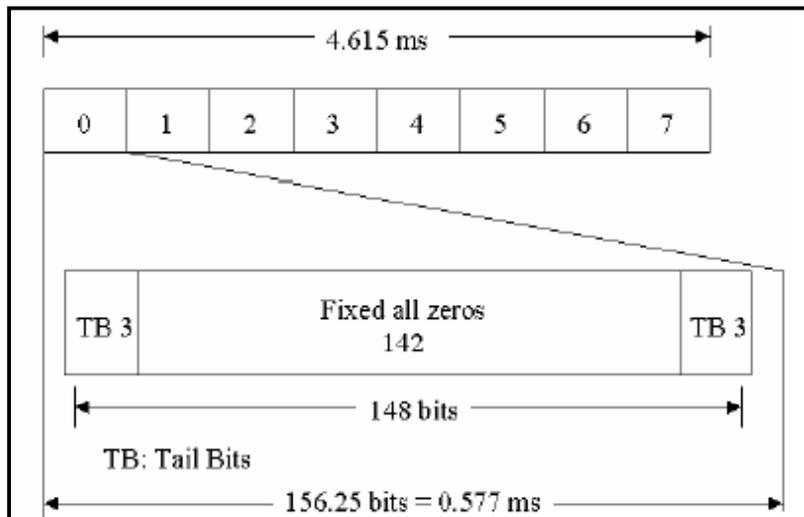


Figura 2.16 Estructura de la ráfaga de corrección de frecuencial.

RÁFAGA DE SINCRONIZACIÓN (SB – SYNCHRONIZATION BURST):

Se utiliza esta ráfaga para la sincronización temporal del móvil con la BTS, contiene una larga secuencia de training y portadoras de información del frame TDMA. Consta de 64 bits de training, dos bloques de 39 bits encriptados y al final e inicio de cada ráfaga se añaden 3 bits llamados tail o cola (TB).

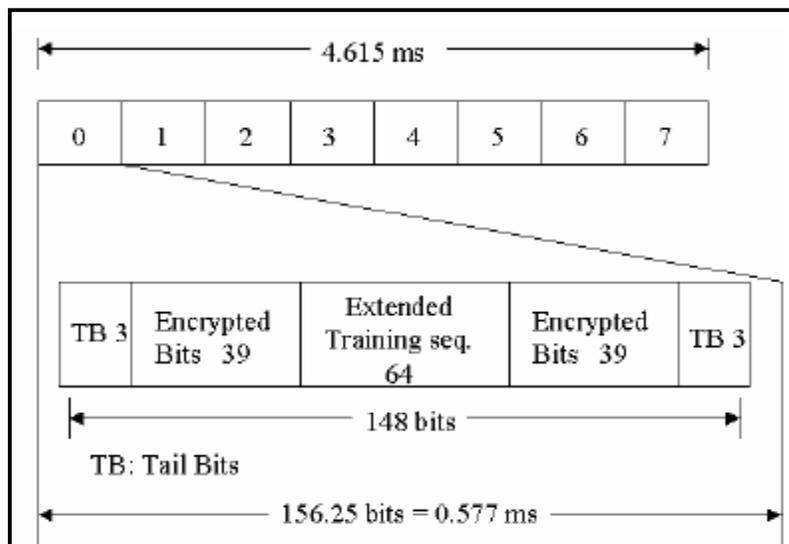


Figura 2.17 Estructura de la ráfaga de sincronización.

RÁFAGA VACÍA (DB - DUMMY BURST):

Tiene la misma estructura que una ráfaga normal pero no transmite datos, los bits encriptados son sustituidos por unas series de bits conocidas. Es utilizado para rellenar la transmisión del trenscceptor de control de la estación base cuando no hay canales de tráfico que transmitir.

RÁFAGA DE ACCESO (AB – ACCES BURST):

Usada por el acceso aleatorio y se caracteriza por tener un periodo de guarda grande con una duración de 256 μ s que permite a la ráfaga de transmisión del móvil tomar un correcto timing avanzado para el primer acceso a la red (o antes del handover). Es la ráfaga usada por el móvil para acceder al sistema.

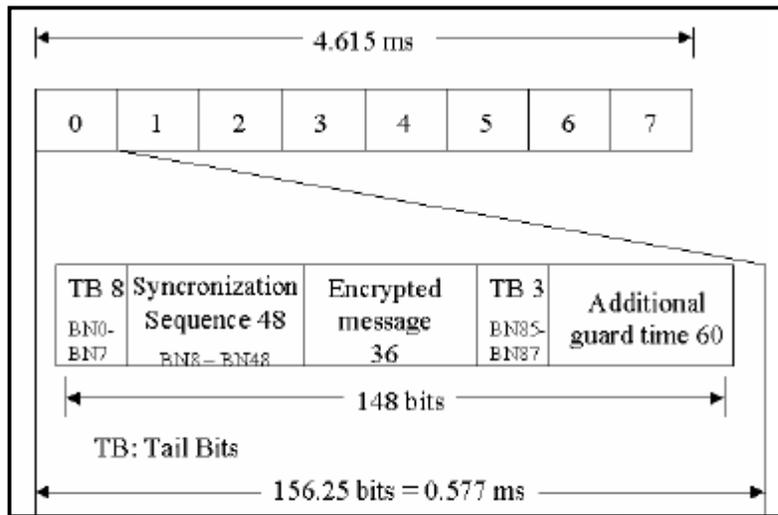


Figura 2.18 Estructura de la ráfaga de acceso.

A continuación se definirán las tramas usadas en GSM, que como ya se vio antes toma como referencia una trama TDMA.

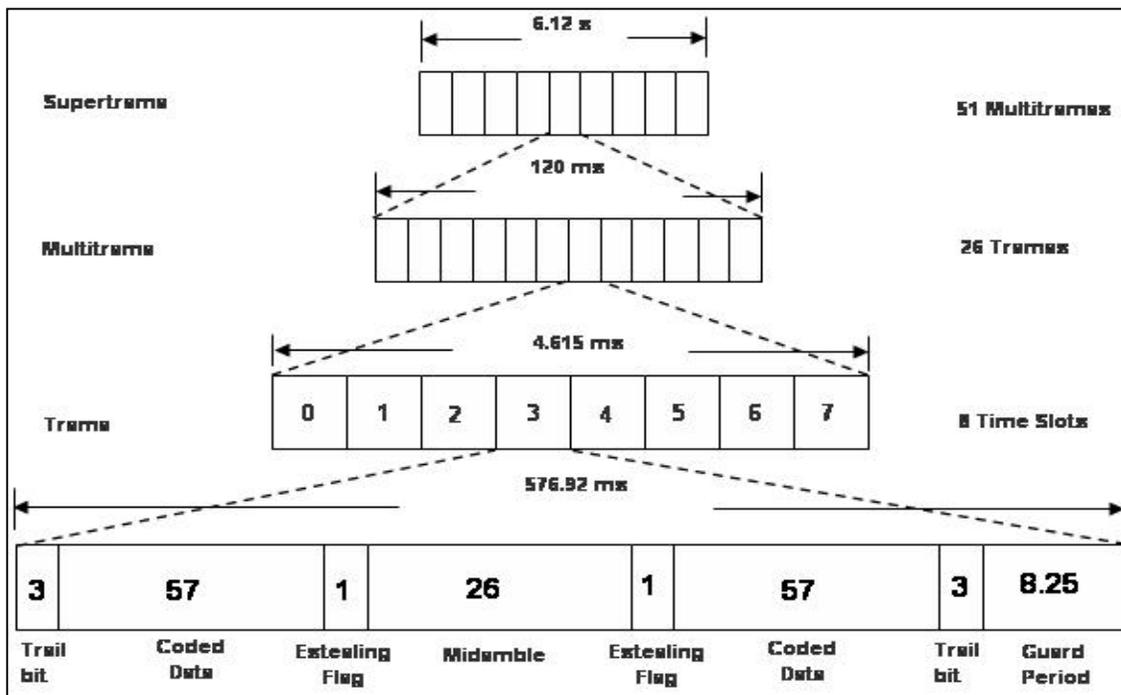


Figura 2.19 Tramas usadas en GSM.

Como se muestra en la figura 2.19 time slots por trama TDMA y el periodo de trama es de 4.615 ms. Una trama contiene 8 TS X 156.25 bits = 1250 bits/trama. La velocidad de trama es 270.833 kbps/1250 bits/trama son igual a 216.66 tramas/ segundo.

Cada una de las tramas de voz normales son agrupadas en estructuras más largas, denominadas multitramas, las cuales pasan a ser agrupadas en supertramas e hipertramas.

Una multitrama tiene 26 tramas TDMA y una hipertrama contiene 51 multitramas ó 1326 tramas TDMA. Una hipertrama contiene 2048 supertramas ó 2,715,648 tramas TDMA. Una hipertrama completa es enviada aproximadamente cada 3 horas, 28 minutos, 54 segundos y es importante para GSM desde la encriptación de algoritmos que dependen de una trama en particular hasta la suficiente seguridad que puede ser obtenida usando un número extenso de tramas proporcionado por la hipertrama.

CLASES DE POTENCIA EN GSM.

El control de potencia en el sistema GSM puede ser utilizado tanto en el móvil como en la BS, y su finalidad principal es la de reducir la interferencia co-canal mientras se trabaja con una potencia transmisora adecuada para mantener la calidad de la señal de voz a través del enlace radioeléctrico. Este control de potencia es obligatorio para el móvil, mientras que no lo es para la BS. El móvil debe ser capaz de variar su potencia de transmisión desde su máximo valor (depende de la clase de móvil que se trate) hasta 20 mWatts en pasos de 2dB.

Para el acceso inicial de un móvil en una célula, dicho móvil debe usar su valor máximo definido por la clase de móvil o el valor máximo permitido en esa célula. Después la BS calcula el nivel de potencia en radiofrecuencia que debe usar el móvil y se lo señala mediante 4 bits que están dedicados para tal efecto en el SACCH (BS – MS). El cambio de potencia en el móvil se realiza a una velocidad de 2 dB cada 60 ms, y el móvil confirma a la BS el nivel de potencia que utilizara.

Una parte importante en la administración de los recursos de radio es controlar los niveles de potencia usados en los transmisores, esto se hace para asegurar que cada móvil transmite la potencia mas baja necesaria. Este control de potencia es importante porque hasta en las mejores condiciones el nivel de potencia recibido es inversamente proporcional a la distancia del transmisor. Sin el control de potencia, los móviles cercanos podrían saturar la transmisión de móviles distantes a los transeptores de la radio base.

Una radio base debe prevenir que los móviles cercanos transmitan con niveles de potencia que saturen a otros móviles en la célula. La potencia de la señal recibida en la radio base debe ser aproximadamente igual en todos los móviles de la célula. Usualmente los algoritmos de control de potencia están basados en la llamada reciprocidad de las señales de RF. La radio base puede siempre dirigir individualmente a los móviles para usar otro nivel de potencia. El control de potencia es los umbrales de célula, para reducir el numero innecesario de handovers y evitar interferencia.

Las especificaciones definen 5 clases para GSM 900 basados en sus capacidades de transmisión como se muestran a continuación:

Clase 1	20 Watts – 43 dBm
Clase 2	8 Watts – 39 dBm

Clase 3	5 Watts – 37 dBm
Clase 4	2 Watts – 33 dBm
Clase 5	0.8 Watts – 29 dBm

Cada móvil tiene la capacidad de reducir su potencia de transmisión en 2 dB o un mínimo de 5 dBm, dependiendo de las instrucciones de la radio base. En la fase 1 de GSM, se especificaron 8 clases de radiobases para GSM con potencias de salida que varían de 2.5 a 320 Watts, también se agregaron radiobases con poca potencia enfocadas a ser micro células para espacios cerrados.

SALTOS DE FRECUENCIA (FREQUENCY HOPPING).

El sistema GSM utiliza frequency hopping para disminuir los efectos de interferencia y multipath fading. Los únicos canales físicos que no pueden usar frequency hopping o saltos de frecuencia son los canales de control de difusión y los de control común, esto debido a que cuando un móvil entra a la red, estos son los canales que tienen que monitorear y si estos estuvieran en constante cambio de frecuencia portadora complicarían mucho al sistema.

Además el BCCH se usa para el handover por lo que cada móvil debe tener la capacidad de fácilmente monitorear estos canales. Por todo esto, estos canales tienen que ser transmitidos continuamente y con potencia constante.

Cualquier móvil dentro de una red sufre de interferencia co-canal de células adyacentes, si un móvil está cerca de los límites de la célula recibirá mucho mayor interferencia que otro que esté muy cerca de la BTS. Al utilizar frequency hopping se puede disminuir la interferencia ya que las células cercanas tienen diferentes secuencias de saltos, todos los móviles seguirán captando interferencia, sin embargo debido a que la interferencia es aleatoria, cada móvil recibirá una media de nivel de interferencia, en lugar de que el sistema esté muy libre de interferencia o muy cargado para otros móviles.

El frequency hopping también ayuda con la interferencia multi trayectoria, debido a que como cambia de frecuencia el móvil no pasa demasiado tiempo recibiendo la señal que le llega por diversas rutas.

Las secuencias de salto que se utilizan en GSM pueden ser 64. La secuencia se describe por 2 parámetros: El número de secuencia de salto o HSN y el índice Offset de asignación del móvil o MAIO. El HSN selecciona una de las 64 predefinidas y aleatorias secuencias de salto, mientras tanto el MAIO selecciona el punto de arranque dentro de la secuencia. El MAIO puede tomar tantos valores como frecuencias se encuentren en el espacio para la red.

Canales con el mismo HSN pero con diferente MAIO nunca utilizarán la misma frecuencia, canales con diferentes HSN se interferirán 1/n veces y en este caso se aplica para células co-canal. En el sistema GSM la duración de cada salto coincide con la trama por lo tanto la frecuencia de salto es de 217 saltos/ segundo.

SEÑALIZACIÓN EN GSM.

Como en toda red de comunicaciones, además de los canales de tráfico con la información de los usuarios, existen canales de señalización que se emplean para la gestión de

recursos de la red y que hacen posible que las comunicaciones entre los usuarios puedan efectuarse. Aunque desde el punto de vista funcional existen varios tipos de señalización (señalización destinada a la gestión de recursos de radio, destinada a movilidad y destinada al establecimiento de la comunicación), la más importante es el proceso de hand-over.

Cuando un usuario se desplaza, llega un momento en el que abandona la zona de cobertura de una célula para entrar en la de otra. Este proceso supone un cambio de radio canal y debe señalizarse adecuadamente para que dicho cambio sea transparente para el usuario, es decir, que la comunicación no se corte, precisamente en esto consiste el proceso de un handover.

En función de la relación entre los canales origen y destino de la comunicación, los handover pueden clasificarse en:

- Hand-over Intracelular. El canal destino se encuentra sobre otra frecuencia distinta a la de origen, pero en la misma célula.
- Hand-over InterBSC. Existe un cambio de célula pero ambas células se encuentran dentro del mismo sistema controlador de estaciones bases (BSC).
- Hand-over InterMSC. Hay un cambio de célula y de BSC, pero ambas BSC dependen de la misma central de conmutación (MSC).
- Hand-over entre MSC. Existe cambio de célula y ambas dependen de MSCs distintas.

Un móvil no tiene información acerca del handover hasta que se aproxima a otra BTS. A partir de este momento el móvil tiene que sintonizarse al nuevo canal y a los tiempos de la nueva célula. En la orden del handover se incluye información acerca de que si ambas BSC se encuentran sincronizadas, si se encuentran sincronizadas el móvil solo envía ráfagas de acceso ya que puede determinar el timing de la BTS, si no se encuentran sincronizadas la BTS, al no reconocer al móvil por los tiempos a los que transmite.

LIMITACIONES DE GSM.

Las redes GSM tienen ciertas limitaciones para la transmisión de datos:

- Velocidad de transferencia de 9,6 Kbps.
- Tiempo de establecimiento de conexión, de 15 a 30 segundos. Además las aplicaciones deben ser reinicializadas en cada sesión.
- Pago por tiempo de conexión.
- Problemas para mantener la conectividad en itinerancia (Roaming).

La baja velocidad de transferencia limita la cantidad de servicios que Internet nos ofrece. Por ejemplo, a 9,6 Kbps no se puede navegar por Internet de una manera satisfactoria. Si, además, tenemos en cuenta que estamos pagando por tiempo de conexión, los costos se disparan. Esta es la eterna lucha, pues no se puede comparar una hora de conversación con una hora de navegar por Internet. La combinación de estos tres factores negativos hace que GSM sea una tecnología mayoritariamente utilizada para la voz y no para los datos.

Las tradicionales redes GSM no se adaptan adecuadamente a las necesidades de transmisión de datos con terminales móviles. Por ello surgen nuevas tecnologías portadoras como GPRS (General Packet Radio Service) que unifica el mundo IP con el mundo de la telefonía móvil, creándose toda una red paralela a la red GSM y orientada exclusivamente a la transmisión de datos.

REDES ALTERNAS A GSM.

Como ya se menciona GSM tiene algunas limitaciones en cuanto a transmisión de datos por lo que surgieron redes alternas como: HSCSD, GPRS Y EDGE, las cuales operando en conjunto con GSM obtienen mejores tasas de transmisión, a continuación se describirá cada una de ellas.

HSCSD.

HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) nace con el objetivo de proporcionar mejores prestaciones a los servicios móviles de datos. En efecto, HSCSD supone el comienzo de la evolución de GSM hacia la 3a generación, puesto que es la primera de las tecnologías de la 2.5 G.

Soporta velocidades comprendidas entre 14.4 y 115.2 Kbps mediante el cambio de la codificación del canal. Además elimina la limitación de GSM de asignar un único slot por trama a cada usuario, que permite así el empleo de hasta 8 slots.

Servicios Portadores	De Transferencia de información.	Tipo (Voz o Datos) Modo (Conmutación de circuitos o conmutación de paquetes). Velocidad de datos (300 a 9600 bps). Direccionalidad (simples o duplex)
	De Acceso	Protocolo Tipo de Interfaz Velocidad de datos en el punto de acceso
	De Funcionamiento	Tipo de red destino Interfaz entre la terminal y la red
	Generales	Servicios suplementarios anexos al servicio básico Calidad de servicio
Teleservicios		Telefonía con voz digitalizada a velocidades de 13 Kbps y 6.5 Kbps Mensajes cortos SMS. Almacenamiento de mensajes. Posibilidad de envío y recepción de fax
Servicios Suplementarios		Identificación de número de teléfono. Tratamiento de llamadas entrantes. Multiconferencia Servicios de Tarificación. Restricciones de Llamadas.

HSCSD no requiere apenas modificar la infraestructura de red del operador. De hecho, los únicos cambios apreciables son la actualización del software de las estaciones base y la adaptación de algunos de los equipos del núcleo de la red para que sean capaces de manejar unas tasas binarias mas elevadas.

La verdadera ventaja de HSCSD para el usuario es que, al estar basado en conmutación de circuitos, garantiza un ancho de banda mínimo a cada usuario. Sin embargo, el usuario pagara la conexión durante todo el tiempo que dure la comunicación, independientemente de si envía información o no. Esto supone un gran inconveniente ya que, en el caso de necesitar grandes tasas binarias, la factura dependería del número de slots simultáneos empleados.

Resulta adecuado en aplicaciones que requieren un ancho de banda predecible durante un periodo de tiempo reducido. Sin embargo, en la gran mayoría de aplicaciones de datos el tráfico se presenta a ráfagas por lo que HSCSD supone una utilización ineficiente de los recursos de la red.

GPRS

GPRS (General Packet Radio Service) es un nuevo servicio que soporta la transmisión de paquetes vía radio utilizando el protocolo IP y el mismo BSS de la red GSM, pero con pasarelas específicas para la conexión de datos y a velocidades comprendidas entre los 9.6 y los 171 Kbps. Por otra parte GPRS, constituye un primer paso para la migración hacia la tercera generación (3G) ya supone la implantación de una red troncal basada en nodos IP.

ARQUITECTURA DE RED GPRS.

La arquitectura de una red GPRS esta compuesta por los siguientes elementos ver figura 2.20

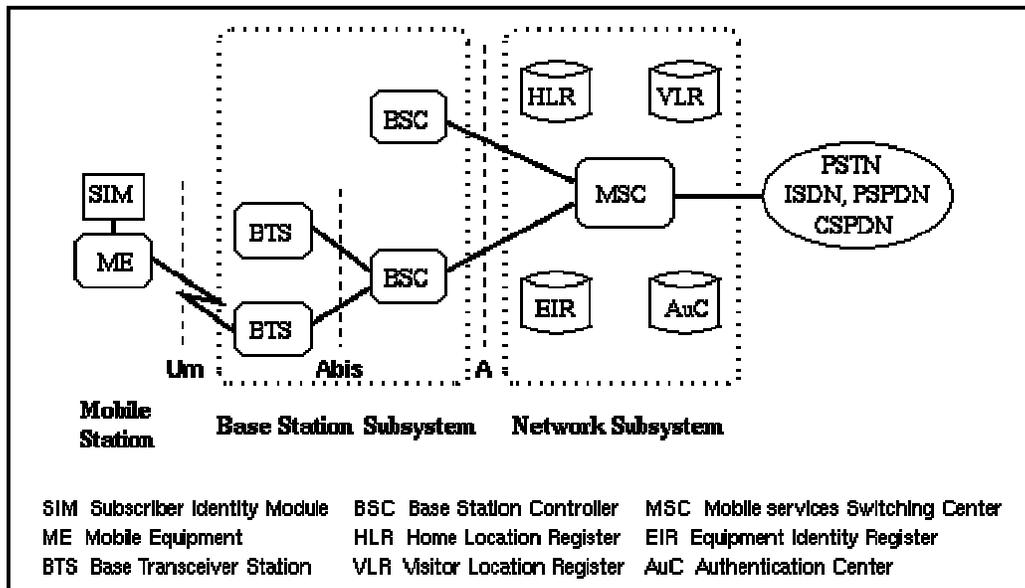


Fig. 2.20 arquitectura de una red GPRS.

GPRS procura utilizar la infraestructura de la red GSM en la medida que sea posible. Sin embargo deben introducirse nuevos elementos y actualizar algunos de los ya existentes con el fin de soportar la conmutación de paquetes.

Elemento	Modificación Necesaria
BTS	Actualización de Software.
BSC	Además de la actualización del software, es necesaria la instalación de un nuevo componente hardware llamado PCU (Packet Control Unit) que encamina el tráfico de datos por la red GPRS.
Red Troncal	Implantación de nuevos elementos de red (SGSN y el GGSN).
Bases de datos	Actualización del software para soportar los nuevos modelos de llamada y las nuevas funcionalidades.

Tabla 2.4 Modificaciones exigidas por GPRS en la red GSM.

Cada BSC requiere de la instalación de una o más PCU y de una actualización del software. La PCU constituye la interfaz del BSS, tanto desde el punto de vista físico como desde el punto de vista lógico, para el tráfico de datos. En cuanto a la BTS, en general, no necesitara incluir ningún hardware nuevo aunque si una modernización del software que ejecuta. El tráfico de usuario (ya sea voz o datos) llega a la BTS a través del medio radioeléctrico y de este viaja a la BSC de la misma manera en que lo hacen las llamadas GSM. No es hasta la salida de la BSC cuando se lleva a cabo la discriminación entre voz y datos, de manera que la voz se envía a la MSC convencional de GSM mientras que los datos se llevan a una nueva entidad llamada SGSN.

La introducción en la red troncal de nuevos elementos responde al hecho de que las MSCs, al estar basadas en conmutación de circuitos, no pueden manejar tráfico de datos. Por ello GPRS exige dos tipos de nodos específicos, que son:

SGSN (Serving GPRS Support Node).- Se trata de una MSC que puede conmutar paquetes. Se encarga de enviar paquetes a las terminales móviles de su área de servicio y de las funciones de gestión de la movilidad.

GGSN (Gateway GPRS Support Node).- Son las interfaces a redes IP externas u otros proveedores de servicio GPRS. Realizan labores de encaminamiento de los paquetes de usuario y la traducción de direcciones.

Por último, las terminales de usuario son completamente distintas a los de GSM. Las terminales GPRS pueden ser de tres tipos, en función de si soportan servicios GSM y GPRS simultáneamente o no. En primer lugar, tenemos los terminales de clases A que son capaces de realizar o recibir llamadas de los dos tipos de servicio simultáneamente. Las terminales de clase B, por su parte, monitorizan los canales GSM y GPRS a la vez pero no pueden establecer una comunicación simultánea por cada uno de ellos. Finalmente tenemos las terminales de clase C en los que el usuario debe seleccionar el tipo de servicios al que quiere conectarse.

GPRS emplea un número variable de slots TDMA (entre 1 y 8) y proporciona una velocidad máxima de 171 Kbps. La figura 2.21 muestra la pila de protocolos de GPRS en el plano de transmisión.

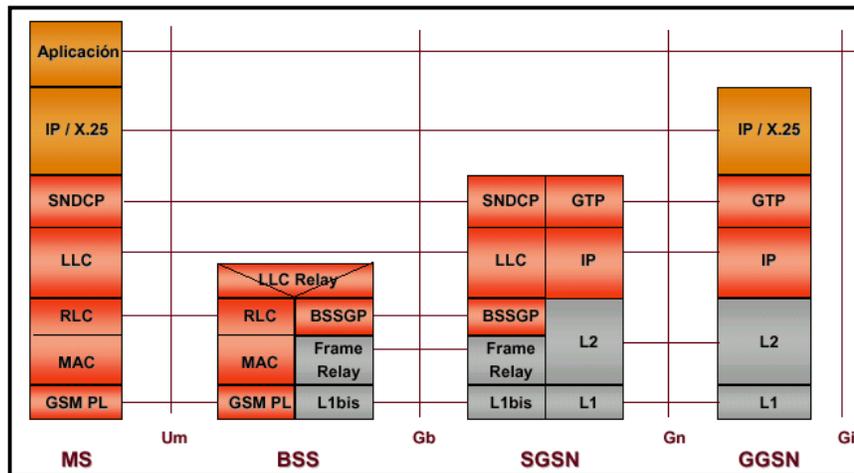


Figura 2.21 protocolos de GPRS en el plano de transmisión.

La red GPRS encapsula todos los paquetes de red utilizando su propio protocolo de encapsulamiento, llamado GTP (GPRS Tunnelling Protocol), para garantizar la seguridad en el backbone de la red y simplificar los mecanismos de encaminamiento y entrega de paquetes.

GPRS define 9 tipos de calidad de servicio, en función de la tasa de pico ofrecida. Todas ellas quedan recogidas en la siguiente tabla 2.5:

Clase de Tasa Pico	Tasa Pico	Tasa Media
1	8 Kbps	0.22 Kbps
2	16 Kbps	0.44 Kbps
3	32 Kbps	1.11 Kbps
4	64 Kbps	2.2 Kbps
5	128 Kbps	4.4 Kbps
6	256 Kbps	11.1 Kbps
7	512 Kbps	22 Kbps
8	1024 Kbps	44 Kbps
9	2048 Kbps	111 Kbps

Tabla 2.5 Clase de Servicio GPRS.

GPRS permitirá una variedad de nuevos servicios al usuario en la red. Estas aplicaciones ofrecen un valor añadido basado en características como la movilidad, la conexión bajo demanda y la localización.

Una de las categorías generales de aplicaciones GPRS son las comunicaciones. Bajo esta denominación se engloba a todas aquellas en las que la red móvil se comporta como red de transporte. Entre este tipo de aplicaciones se encuentran el correo electrónico, el fax o la mensajera unificada.

En otro grupo de aplicaciones encontramos los servicios de valor añadido. Se refieren estrictamente al contenido proporcionado por los operadores con el fin de aumentar la calidad de los servicios ofrecidos a sus usuarios y cabe distinguir entre aplicaciones de tipo push y aplicaciones de tipo pull.

En las primeras la transmisión de datos tiene lugar en instantes o bajo condiciones predeterminadas, como es el caso de la notificación de eventos. Las aplicaciones del tipo pull, por su parte son las que implican el tráfico de información bajo demanda. Una exigencia de los servicios de valor añadido es el interés que los contenidos deben tener para el usuario. Por ello, se debe tratar de información personalizada o de información dependiente de su localización.

EDGE

EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) es el siguiente paso en la evolución de GSM hacia la tercera generación permitiendo a las redes actuales ofrecer prestaciones similares a las redes 3G gracias a una mayor velocidad de transmisión y a una mas eficiente utilización del espectro.

EDGE soporta tasas binarias reales de 384 Kbps, aunque el límite teórico se encuentra en los 473.6 Kbps. Para ello introduce nuevos esquemas de modulación y codificación que, junto con técnicas de control de enlace, pueden emplearse tanto en servicios de conmutación de circuitos (voz) como en servicios de conmutación de paquetes (datos). EDGE emplea una modulación 8PSK/ GMSK y una codificación alternativa sobre una portadora GSM. La tabla 2.6 resume las diferencias entre GPRS y EDGE.

	GPRS	EDGE
Modulación	GMSK	8- PSK /GMSK
Velocidad de Símbolo	270 Kbaudio/ seg.	270 Kbaudio/ seg.
Velocidad de Modulación	270 Kbps	810 Kbps
Velocidad de Usuario	160 Kbps	476.6 Kbps

Tabla 2.6 diferencia entre GPRS Y EDGE

COMPARACIÓN ENTRE GPRS Y EDGE.

Una de las principales ventajas es su reducido impacto sobre la infraestructura de la red, es decir, que el operador que desee mejorar las prestaciones de su red GSM/ GPRS podrá hacerlo con una inversión y un riesgo mínimos. Las estaciones base de GPRS y de EDGE emplean protocolos diferentes pero el núcleo de la red sigue siendo el mismo. De hecho, únicamente es necesario actualizar el software encargado de la modulación y la codificación y ajustar los protocolos que gestionan el enlace de radio.

SERVICIOS Y APLICACIONES EN GSM

Los servicios Básicos de Telecomunicación se dividen en dos categorías principales:

Teleservicios: aquellos que permiten al abonado comunicarse (voz, datos, fax o Servicio de Mensajes Cortos) con otro abonado.

Servicios Portadores: permite al abonado móvil el envío de datos.

La red GSM, ha sido diseñada para permitir a los operadores diferenciar los servicios que ofrecen respecto de sus competidores, utilizando una técnica basada en los servicios de Red Inteligente (IN) de Ericsson. Además proporciona a los operadores la capacidad de definir nuevos servicios personalizados y en un corto período de desarrollo. Algunos servicios están disponibles para todo el mundo (Servicios Básicos), para los otros, los Servicios Suplementarios y aquellos definidos por Ericsson se necesita una suscripción.

Estos servicios son los que soporta el sistema GSM para 1900 MHz, algunos no pueden ser implementados por limitaciones de algunas estaciones móviles (MS) y otros requieren la conexión de equipos externos.

SERVICIOS BÁSICOS

TELESERVICIOS BÁSICOS:

Voz: capacidad de enviar / recibir llamadas hacia / desde todo el mundo tanto con abonados fijos como móviles con calidad digital de 13 bits.

Llamadas de Emergencia: posibilita al abonado a hacer llamadas de emergencia pulsando un botón aún sin contar con la tarjeta SIM.

Fax: soporta facsímil grupo 3.

Servicio de Mensajes Cortos: es posible enviar un mensaje de hasta 160 caracteres alfanuméricos desde /hacia un terminal móvil. Si el móvil no está conectado o fuera de

cobertura, el mensaje se almacena en la central de mensajes hasta que el abonado se conecte, avisándole la existencia de dicho mensaje.

Buzón de Voz: consiste en un contestador incorporado en la red y controlado por el abonado. Las llamadas pueden ser desviadas al buzón del abonado, accediendo posteriormente a él con un código personal.

Buzón de Fax: Este servicio permite al abonado recibir mensajes de fax en cualquier máquina a través de su móvil. Los mensajes de fax se almacenan en el centro de servicios y el abonado accede a él por medio de su código personal de seguridad, enviándose al número de fax deseado.

Voz/fax alternados: Permite que durante una llamada el abonado intercambie entre voz y fax. Se puede conmutar varias veces.

SERVICIOS PORTADORES BÁSICOS:

Soporta la transmisión de datos síncronos y asíncronos a velocidades de hasta 9.6Kbit/seg.

Tráfico hacia la Red Telefónica (PSTN): Para enviar el tráfico de datos hacia la red pública es necesario seleccionar un módem en el GIWU.

Tráfico hacia la Red Digital de Servicios Integrados (ISDN): esta red se basa en el envío de información digital. Para el caso de PCS-1900 no tiene restricciones y no se requiere un módem.

Acceso a otras Redes de Datos Asíncronos: Soporta datos hacia las redes PSPDN (Redes Públicas de Comunicación de Paquetes) y CSPDN (Redes de Datos de Comunicación de Circuitos), necesitando interfaz en función de cada propósito.

SERVICIOS SUPLEMENTARIOS

Los servicios elaborados ya sean completando o modificando los teleservicios y los servicios portadores se denominan servicios suplementarios y se describen a continuación.

Desvío de Llamada: Facilidad para desviar llamadas entrantes a otro número según sea la situación: el móvil no es alcanzable, el móvil está ocupado, si no contesta o desvío de llamada incondicional. Todo esto sin necesidad de apagar el equipo.

Restricción de Llamadas Salientes: Se puede activar o desactivar desde el terminal. Por ejemplo, el abonado puede restringir todas las llamadas salientes o bien restringir llamadas salientes internacionales o sólo las llamadas salientes internacionales excepto aquellas de la propia red PLMN (Red Pública Móvil).

Restricción de Llamadas Entrantes: se pueden restringir todas las llamadas o sólo aquellas que procedan fuera de la red PLMN propia. Esta función permite al abonado no pagar por las llamadas entrantes sin apagar el equipo.

Aviso de Tarifa: proporciona información de la tarifa de la llamada en progreso ya que hay algunos tramos que paga el abonado que recibe la llamada.

Llamada en Espera: Este servicio consiste en una notificación al móvil que tiene una llamada que puede contestar, rechazar o ignorar. Pudiendo ser voz, datos, o fax.

Multiconferencia: permite al abonado establecer una conversación desde tres a seis abonados al sistema. Solo aplicable al teleservicio de Telefonía.

FUNCIONALIDADES INNOVADORAS DE ERICSSON

Las nuevas funcionalidades de Ericsson van más allá de los estándares de la red básica. Estas se desarrollan de manera dinámica a medida que las demandas del cliente y el nivel de la competencia aumenta.

Número Personal Único: permite al abonado desviar la llamada a otras redes cuando no está alcanzable en la red principal. Con esta función, el abonado puede ser localizado mediante un número, aunque esté suscrito en varias redes.

Numeración Dual: Esta función permite al abonado tener dos números asociados a la misma suscripción y al mismo terminal. También se puede asociar diferentes facturas a esos números. Por ejemplo, se puede tener una cuenta del trabajo y otra personal, con el mismo número.

Suscripción Regional y Local: El abonado puede suscribirse al servicio de una determinada área geográfica, fuera de esta área las llamadas se rechazan, excepto las de emergencia.

Tarifificación Diferenciada Geográficamente: El operador puede ofrecer llamadas más baratas dentro de algunas regiones (conjunto de células). Este servicio se puede complementar con el de Suscripción Regional.

SERVICIOS DE RED INTELIGENTE

Un método flexible e inteligente de proporcionar más variedad de servicios es hacer uso de técnicas de Red Inteligente (IN). Esto permite crear servicios altamente personalizados con un tiempo de desarrollo muy bajo y así permitir a los operadores diferenciar sus productos de la competencia y reaccionar rápidamente a nuevas y cambiantes necesidades. De esta manera la lista de posibilidades es interminable, sin embargo hay algunos ejemplos:

Servicio Gratuito de Llamada: Permite al abonado suscrito ofrecer la posibilidad de que le llamen de manera gratuita. El costo de estas llamadas será cargado al suscriptor del servicio.

Llamada con Tarjeta de Crédito: Permite al usuario del servicio cargar el costo de la llamada a una tarjeta de crédito. La suscripción al servicio no se tarifica.

Exploración de la Llamada Originada: Es una variante al servicio de restricción de llamadas salientes, pero en este caso se pueden elegir intervalos de tiempo o series de números a los cuales no se puede llamar.

Exploración de la Llamada Terminada: Servicio análogo al anterior, en este caso el abonado puede restringir las llamadas salientes a algunas series numéricas y durante ciertos intervalos de tiempo.

Servicios Dependientes de la Localización: Este servicio utiliza la información sobre la localización del abonado. Información sobre el tráfico o el tiempo meteorológico, pueden estar accesibles por códigos abreviados.

Planes Privados de Numeración: Permite a grupos de usuarios (por ejemplo una corporación privada) definir un plan de numeración abreviado que pueden utilizar para simplificar la comunicación entre ellos.

SMS

DEFINICIÓN.

SMS - Servicio de mensajes cortos. Es un sistema para enviar y recibir mensajes de texto para y desde teléfonos móviles. El texto puede estar compuesto de palabras o números o una combinación alfanumérica. SMS fue creado como una parte del estándar GSM fase 1. El primer mensaje corto, se cree que fue enviado en Diciembre de 1992 desde un ordenador personal (PC) a un teléfono móvil a través de la red GSM Vodafone del Reino Unido. Cada mensaje puede tener hasta 160 caracteres cuando se usa el alfabeto latino, y 70 caracteres si se usa otro alfabeto como el árabe o el chino.

CARACTERÍSTICAS.

Hay varias características únicas del servicio de mensajes cortos (SMS), según lo definido dentro del estándar digital de telefonía móvil GSM, un mensaje corto puede tener una longitud de hasta 160 caracteres. Esos 160 caracteres pueden ser palabras, números o una combinación alfanumérica. Los mensajes cortos basados en No-texto (por ejemplo, en formato binario) también se utilizan. Los mensajes cortos no se envían directamente del remitente al receptor, sino que se envían a través de un centro de SMS. Cada red de telefonía móvil que utiliza SMS tiene uno o más centros de mensajería para manejar los mensajes cortos. El servicio de mensajes cortos se caracteriza por la confirmación de mensaje de salida. Esto significa que el usuario que envía el mensaje, recibe posteriormente otro mensaje notificándole si su mensaje ha sido enviado o no. Los mensajes cortos se pueden enviar y recibir simultáneamente a la voz, datos y llamadas del fax. Esto es posible porque mientras que la voz, los datos y las llamadas del fax asumen el control de un canal de radio dedicado durante la llamada, los mensajes cortos viajan sobre un canal dedicado a señalización independiente de los de tráfico. Hay formas de enviar múltiples mensajes cortos:

- La concatenación SMS (que encadena varios mensajes cortos juntos).
- La compresión de SMS (que consigue más de 160 caracteres de información dentro de un solo mensaje corto).

Para utilizar el servicio de mensajes cortos, los usuarios necesitan la suscripción y el hardware específico:

- Una suscripción a una red de telefonía móvil que soporte SMS.
- Un teléfono móvil que soporte SMS.
- Un destino para enviar o recibir el mensaje, ya sea una máquina de fax, un PC, un terminal móvil o un buzón de e-mail.

EVOLUCIÓN.

No hay duda del éxito conseguido por el Servicio de Mensajes cortos, ya que los últimos datos conocidos, hablan de 9 billones de mensajes por mes, y creciendo a un ritmo de

aproximadamente 500.000 millones por mes. Repasemos un poco la evolución de este servicio. En un principio, el operador de red incorpora Centros SMS de 1ª generación, como parte del plan de comisión de red. Estos primeros centros, pueden ser simples módulos de la plataforma de buzón de voz o alternativamente, un centro de SMS independiente. No es posible disponer de mensajes cortos sin un SMSC (Centro de Mensajes Cortos), ya que todos los mensajes pasan a través del mismo.

El operador de red, ve el SMS como algo para decir que lo tiene incorporado en su red. Ofrece el servicio SMS junto con las notificaciones del buzón de voz, las cuales abarcan las $\frac{3}{4}$ partes del tráfico de SMS en la red. El operador de red lanza el servicio SMS, para dar al cliente la capacidad de comunicación en ambos sentidos. Los clientes experimentan con ello, y encuentran nuevas aplicaciones, lo que hace que incremente aproximadamente un 25% el volumen total del SMSs.

Otro servicio añadido, son las direcciones de correo, los e-mails recibidos en el Terminal móvil son tratados como mensajes cortos; este servicio, intenta hacerse popular en aquellos mercados donde la penetración de Internet es baja y por tanto aún no tienen dirección de correo. Este servicio incrementa aproximadamente un 20% el volumen total de SMSs.

A lo anterior, se suman los servicios de información noticias, viajes, el tiempo, deportes, horóscopo, bromas. Estos servicios crecen más despacio, ya que es mucho el trabajo que implica la preparación de los contenidos, incrementando aproximadamente un 10% el volumen total de SMSs.

El operador de red, comienza a ver compañías independientes experimentando con aplicaciones SMS y ofreciendo sus servicios a compañías o en regiones específicas. Para alentar estos desarrollos y fomentar su amplio despliegue, el operador de red designa a una persona cuya única responsabilidad es contactar con esas empresas y ayudarlas a conseguir el soporte técnico y comercial que necesitan. La finalidad, es que estas empresas desarrollen sus aplicaciones usando obviamente sus servicios SMS en vez de usar los de la competencia. La introducción de estos programas o aplicaciones conduce pronto al aumento de aproximadamente un 20% del volumen total de SMSs.

El operador de red ha visto como gradualmente ha incrementado el tráfico de SMSs, con lo que en muchas ocasiones se encuentra con que la capacidad de su centro de SMS se queda pequeña y precisa ser sustituido por otro de mayor capacidad. Esta sustitución evita la saturación que en muchas ocasiones se producía, evitando el descontento de los clientes y por consiguiente creciendo en aproximadamente un 10% sobre el volumen total de SMSs. La interoperatividad (interworking) entre operadoras que son competidoras en la misma área geográfica, da al cliente la posibilidad de usar SMS de la misma forma que usa el servicio de voz. De igual manera que puede hacer una llamada de voz de un teléfono a otro teléfono, también puede enviar un mensaje corto de uno a otro teléfono. Permitir esta capacidad hace que el volumen de destinos de mensajes cortos disponibles incremente, incrementando también el valor y uso de SMS. Como consecuencia, el volumen total de SMS se eleva aproximadamente un 50%.

A estas Alturas el uso total de SMS en la red, ha alcanzado cifras críticas. El servicio SMS es ya una parte muy importante en el día a día de muchos clientes. Posibilitar el envío de mensajes cortos desde el extranjero, es también muy importante, sobre todo en zonas fronterizas.

El siguiente incremento cuantitativo del volumen en el tráfico de SMSs, es debido a la introducción del SMS para clientes de prepago, constituyendo estos los principales usuarios de este servicio. Elevando el volumen de SMSs en aproximadamente un 100%. Este uso masivo, origina la aparición de algoritmos de texto predictivo como el T9 de Tegic, que facilitan la escritura de mensajes en los terminales móviles. Estos algoritmos están incorporados en los propios terminales, y anticipan la palabra que el usuario pretende introducir, reduciendo de forma notable el número de teclas a pulsar, soportando además múltiples lenguajes. La aparición de estos algoritmos, incrementa en aproximadamente un 25% el volumen de SMSs.

La introducción de protocolos estandarizados como la aplicación SIM ToolKit y el WAP (Wireless Application Protocol), contribuye a su vez al incremento en el uso de SMS, proporcionando el ambiente de desarrollo y despliegue de un servicio estándar para los desarrolladores de aplicaciones. Estos protocolos, también facilitan la respuesta por parte de los usuarios de SMS, y por otra parte el acceso al servicio de mensajes a través del menú de su terminal. De esta forma, aunque estos protocolos son sólo un medio, no un nuevo servicio, son los responsables de un incremento de entre el 10-15% sobre el volumen total de SMS. . Contribuyendo también a este incremento el desarrollo de nuevos terminales más fáciles de usar como el smart y los ordenadores portátiles. Como resultado de la combinación de todos estos pasos dados por los operadores y desarrolladores de telefonía móvil para la estimulación del uso de SMS, hemos llegado a un crecimiento de los mismos casi exponencial.

ELEMENTOS DE RED Y ARQUITECTURA DE SMS.

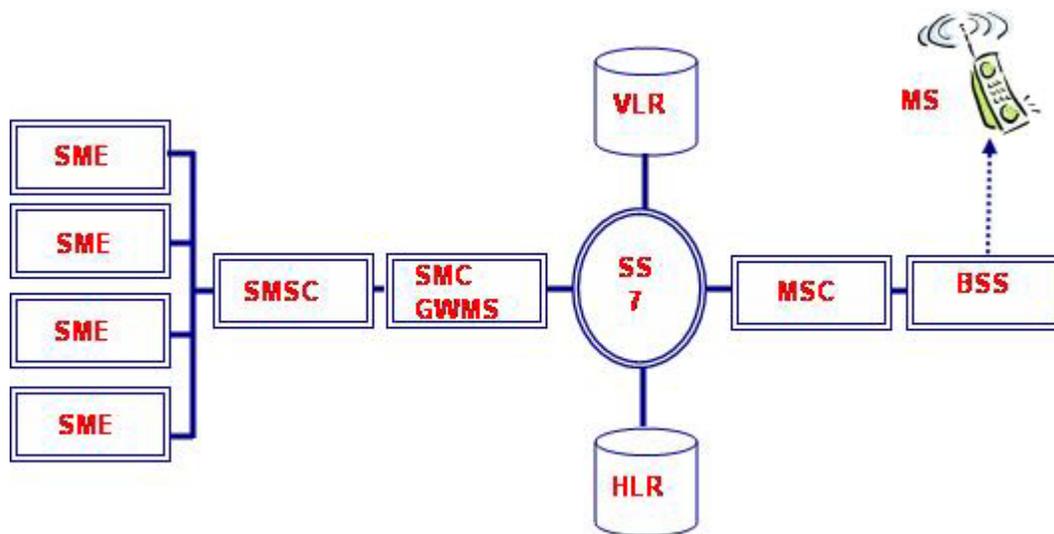


Fig. 2.22 estructura básica de red SMS.

SME (Short Messaging Entity) : Entidad que puede enviar o recibir mensajes cortos, pudiendo estar localizada en la red fija, una estación móvil, u otro centro de servicio.

SMSC (Shor 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. El SMS GMSC/SMS-IW MSC está normalmente integrado en el SMSC.

HLR (Home Location Register): Es una base de datos usada para el almacenamiento permanente y gestión de los usuarios y el perfil del servicio. Sobre la interrogación del SMSC, el HLR le proporciona la información de encaminamiento para el usuario indicado. El HLR, también informa al SMSC, el cual previamente inició un intento de envío de SMS fallido a una estación móvil específica, que ahora la estación móvil es reconocida por la red y es accesible.

MSC (Mobile Switching Center): Lleva a cabo funciones de conmutación del sistema y el control de llamadas a y desde otro teléfono y sistema de datos.

VLR (Visitor Location Register): Es una base de datos que contiene información temporal de los usuarios. Esta información, la necesita el MSC para dar servicio a los usuarios de paso (que están de visita).

BSS (Base Station System): Formada por el BSCs (base-station controllers) y por BTSs (base-transceiver stations), su principal responsabilidad es transmitir el tráfico de voz y datos entre las estaciones móviles.

MS (mobile station): terminal sin hilos (wireless) capaz de recibir y originar tanto mensajes cortos como llamadas de voz. La infraestructura de la red sin hilos está basada en SS7 (signaling system 7). El SMS hace uso del MAP (mobile application part), el cual define los métodos y mecanismos de comunicación en las redes sin hilos, y usa el servicio del SS7 TCAP (transaction capabilities application part). Una capa del servicio SMS hace uso del MAP y permite la transferencia de mensajes cortos entre el par de entidades.

OPERACIONES PARA EL ENVÍO DE SMS.

El MAP, define las operaciones necesarias para dar soporte al SMS. Ambos estándares, el americano y el europeo han definido el MAP usando los servicios del SS7 TCAP (transaction capabilities application part). El estándar americano es publicado por la Telecommunication Industry Association y se le conoce IS-41. El estándar internacional está definido por el European Telecommunication Standards Institute y se le conoce como GSM MAP. Operaciones básicas del MAP necesarias para proporcionar servicio de mensajes cortos punto a punto:

Solicitud de Información de Encaminamiento: El SMSC extrae esta información del HLR para determinar el servicio MSC para la estación móvil tratada. Este proceso se realiza antes de entregar el mensaje, y se lleva a cabo usando mecanismos de SMS request y send Routing Info For Short Msg en IS-41 y GSM respectivamente.

Envío del Mensaje Punto a Punto: Mecanismo que da significado al SMSC para transmitir un mensaje corto hacia el MSC que sirve a la estación móvil e intenta enviar un mensaje a una MS siempre que la MS está registrada. La operación del envío del mensaje corto proporciona un servicio de envío confirmado. La operación trabaja conjuntamente con el subsistema de la MS mientras el mensaje está siendo remitido del MSC hacia la MS. Por lo tanto el éxito o fracaso de la operación puede ser causado por múltiples razones. El envío del

mensaje punto a punto se lleva a cabo usando mecanismos de short message-delivey-point-to-point (SMD-PP) y forward Short Message en IS-41 y GSM respectivamente.

Indicación de Espera del Mensaje Corto: Esta operación se activa cuando el intento de envío por parte del SMSC falla debido a algún incidente temporal. Esto da pie a que el SMSC solicite al HLR que añada una dirección SMSC a la lista de SMSC's para ser informado cuando la estación móvil indicada esté accesible.

Alerta del Centro de Servicio: Esta operación hace que el HLR informe al SMSC, el cual previamente ha intentado enviar un mensaje corto sin éxito a la estación móvil especificada, que la estación móvil es accesible en ese momento.

ELEMENTOS DE SERVICIO.

SMS comprende múltiples elementos de servicio para el envío y recepción de mensajes cortos.

PERIODO DE VALIDACIÓN:

Indica el tiempo que el SMSC puede garantizar el almacenamiento del mensaje corto antes del envío al destinatario deseado.

PRIORIDAD:

Información proporcionada por un SME indicando la prioridad del mensaje.

Además, SMS proporciona un tiempo de más, señalando el que tarda el mensaje en ser enviado y una indicación al handset de si hay o no más mensajes que enviar (GSM), o el número de mensajes a enviar (IS-41).

PASOS PARA EL ENVÍO.

1. El mensaje corto es enviado del SME al SMSC.
2. Después de completar su proceso interno, el SMSC pregunta al HLR y recibe del mismo información de encaminamiento del usuario móvil.
3. El SMSC envía el mensaje corto hacia el MSC.
4. El MSC extrae la información del usuario del VLR. Esta operación puede incluir un procedimiento de autenticación.
5. El MSC transfiere el mensaje corto al MS.
6. El MSC devuelve al SMSC el resultado de la operación que se está llevando a cabo.
7. Si lo solicita el SME, el SMSC retorna un informe indicando la salida del mensaje corto.

PASOS PARA LA RECEPCIÓN.

1. La MS transfiere el mensaje corto al MSC.
2. El MSC interroga al VLR para verificar que el mensaje transferido no viola los servicios suplementarios o las restricciones impuestas.

3. El MSC envía el mensaje corto al SMSC usando el mecanismo Forward Short Message.
4. El SMSC entrega el mensaje corto al SME.
5. El SMSC reconoce al MSC el éxito del envío.
6. El MSC devuelve a la MS el resultado de la operación de envío.

PRINCIPALES APLICACIONES.

Las principales aplicaciones basadas en SMS son:

- Simples mensajes de persona a persona. - Los usuarios de telefonía móvil, para comunicarse con otro, utilizan rutinariamente el Servicio de Mensajes Cortos.
- Notificaciones del buzón de voz y fax - El uso más común de SMS, es para notificar al usuario de telefonía móvil que tiene un nuevo mensaje de voz o fax. Cuando un nuevo mensaje nos llega a nuestro buzón, una alerta en forma de SMS, nos informa de este hecho.
- Mensajes Unificados - Se trata de un emergente servicio de red de valor añadido particularmente convincente, ya que proporciona una interfaz a la gente, para acceder a las diferentes clases de SMSs que recibe (voz, fax, e-mail..). El usuario recibe un mensaje corto, notificándole que tiene un nuevo mensaje en su buzón de mensajes, incluyendo éste a menudo una indicación del tipo del nuevo mensaje que ha sido depositado.
- Alertas de e-mail - Uniendo el correo electrónico con SMS, los usuarios pueden ser notificados cada vez que reciben un email.
- Descarga de Melodías.
- Chat basado en SMS, se trata de una aplicación que está emergiendo.
- Servicios de Información - Solicitas a una fuente pública o privada que te envíe periódicamente información sobre algún tema en concreto a tu terminal móvil. El rango de información que puedes recibir es amplísimo.

GPS

El levantamiento, por parte del gobierno de Estados Unidos, del control sobre el sistema GPS, sin duda propiciará que éste llegue a manos de los usuarios de a pie.

Anteriormente los sistemas existentes de GPS poseían ciertas restricciones en cuanto a su uso por parte de los civiles, ya que debido a su exactitud de localización podían entrañar riesgo para la defensa.

Una vez que el sistema de localización es totalmente utilizable desde terminales para uso comercial venía la duda de encontrar un mecanismo fiable y barato para el envío del posicionamiento del receptor GPS. Uno de los medios más fiables y eficaces en las comunicaciones de datos y voz es el GSM. Su cobertura, además, es de ámbito europeo.

USOS DEL GPS.

El uso del sistema de localización permitirá el seguimiento de personas, mercancías, etc. a un coste muy bajo. Este tipo de seguimiento se podrá realizar de diferentes formas, desde vía WEB a monitorización mediante un software específico para ello.

SISTEMA GPS-GSM.

El hardware de los sistemas integrados GSM-GPS poseen:

Una tarjeta GPS, que se encarga de calcular las posiciones, un microcontrolador, que es el encargado de realizar la conversión de señales GPS a GSM y ordenar el envío de la señal, y un módem GSM mediante el cual se transmite la información suministrada por el GPS.

SISTEMA DE ENVÍO DE SEÑALES.

Dependiendo de la cantidad de señales que la estación receptora necesite o desee recibir del terminal, el método de envío puede variar, existen tres opciones diferentes a tener en cuenta.

Utilización del sistema SMS, servicio de mensajes cortos. Este sistema es ideal para aquellas transmisiones configuradas para realizar la emisión en largos periodos de tiempo, ya que a mayor frecuencia de envío mayor coste, porque el coste se define por el número total de mensajes realizados.

Crear un canal de comunicación GSM continuo, desde el receptor GPS al centro de control. Este método es utilizado cuando se desea conocer la situación en todo momento del receptor GPS.

El último método es utilizar el propio terminal GSM, de manera que dependiendo del registro que vaya haciendo a través de su trayectoria o posición se pueda conocer su localización.

APLICACIÓN SIM.

La aplicación SIM Toolkit, ha sido incorporada dentro del estandar GSM. "SIM", denota la tarjeta inteligente que se inserta dentro del móvil, y que contiene información sobre el usuario. La aplicación SIM Toolkit permite la flexibilidad de poner al día la SIM, para cambiar los servicios y descargar nuevos servicios. Dentro de la especificación de la aplicación SIM Toolkit, el Servicio de Mensajes Cortos es un mecanismo clave para la personalización de la SIM en el teléfono de cada usuario.

Las ventajas más grandes de la aplicación SIM Toolkit son:

- Que ha sido completamente ratificado como parte del estándar GSM.
- Que ha sido incorporado en un gran número de terminales por los fabricantes.
- Que ha sido incorporado en múltiples servicios de red, desde operaciones bancarias hasta información de servicios.

- Que a demostrado ser una herramienta útil para el acceso a la SIM, que contiene toda la información sobre el usuario final. Esta información personal permite funciones que requieren un alto grado de seguridad e identificación de usuario para llevarse a cabo, lo cual es esencial para el comercio electrónico.

PUK

El PUK, acrónimo de Personal Unlocking Key (también conocido como Personal Unlocking Code o Personal Unlock Key) o Clave Personal de Desbloqueo en castellano. Es el código normalmente usado en los sistemas de telefonía móvil que se basan en tecnología GSM Funciona como una clave o password de entre 8 y 10 dígitos de longitud para desbloquear la tarjeta SIM del equipo móvil cuando se ha olvidado el PIN o bien se ha bloqueado totalmente el teléfono.

PIN

El código PIN (PIN son las siglas de Personal Identification Key (Número de Identificación Personal)), es una contraseña o clave numérica que se utiliza para acceder a móviles de telefonía, etc.

IMSI

Es el acrónimo de International Mobile Subscriber Identity (Identidad Internacional del Abonado a un Móvil). Es un código de identificación único para cada dispositivo de telefonía móvil, integrado en la tarjeta SIM, que permite su identificación a través de las redes GSM y UMTS.

ROAMING

El servicio de roaming ha hecho posible que los usuarios de telefonía móvil adquieran una completa libertad de movimiento entre las áreas de cobertura de las diferentes empresas de telecomunicaciones.

Este servicio consiste en permitir que un usuario que se encuentre en zona de cobertura de una red móvil diferente a la que le presta el servicio pueda recibir las llamadas hechas hacia su número de móvil, sin necesidad de realizar ningún tipo de procedimiento extra, y en muchos casos también permitirle efectuar llamadas hacia la zona donde se contrató originalmente el servicio sin necesidad de hacer una marcación especial. Para alcanzar este fin, ambas compañías (la prestadora original del servicio y la propietaria de la red en la que el cliente esté itinerando) deben tener suscritos un acuerdo de itinerancia, en el que definen qué clientes tienen acuerdo al servicio y cómo se efectuará la conexión entre sus sistemas para enrutar las llamadas.

Aunque el servicio permite una comunicación inmediata y en muchos casos sin necesidad de ninguna solicitud adicional, es de notar que normalmente el costo de transferencia de cada llamada y los costos de interconexión serán cargados al receptor de la llamada, no al llamante (que no tiene por qué saber dónde se encuentra el abonado llamado). Así, el servicio es transparente para el usuario que desea contactar un número que se desplaza a otra zona.

CAPITULO 3
DESCRIPCION DE UNA BTS.

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se hará una breve descripción de los componentes principales que conforman un sitio o BTS implementada por TELCEL, actualmente con tecnología D-AMPS Y GSM.

Independientemente de la tecnología empleada (TDMA, CDMA, GSM, IDEN, CDMA2000, UMTS), un sitio celular se compone de los siguientes elementos principales, que pueden diferir de nombre de una tecnología a otra, así como quitar o adicionar elementos a los mostrados, en este caso nos enfocaremos a la tecnología GSM que es el estándar más usado actualmente en el mundo.

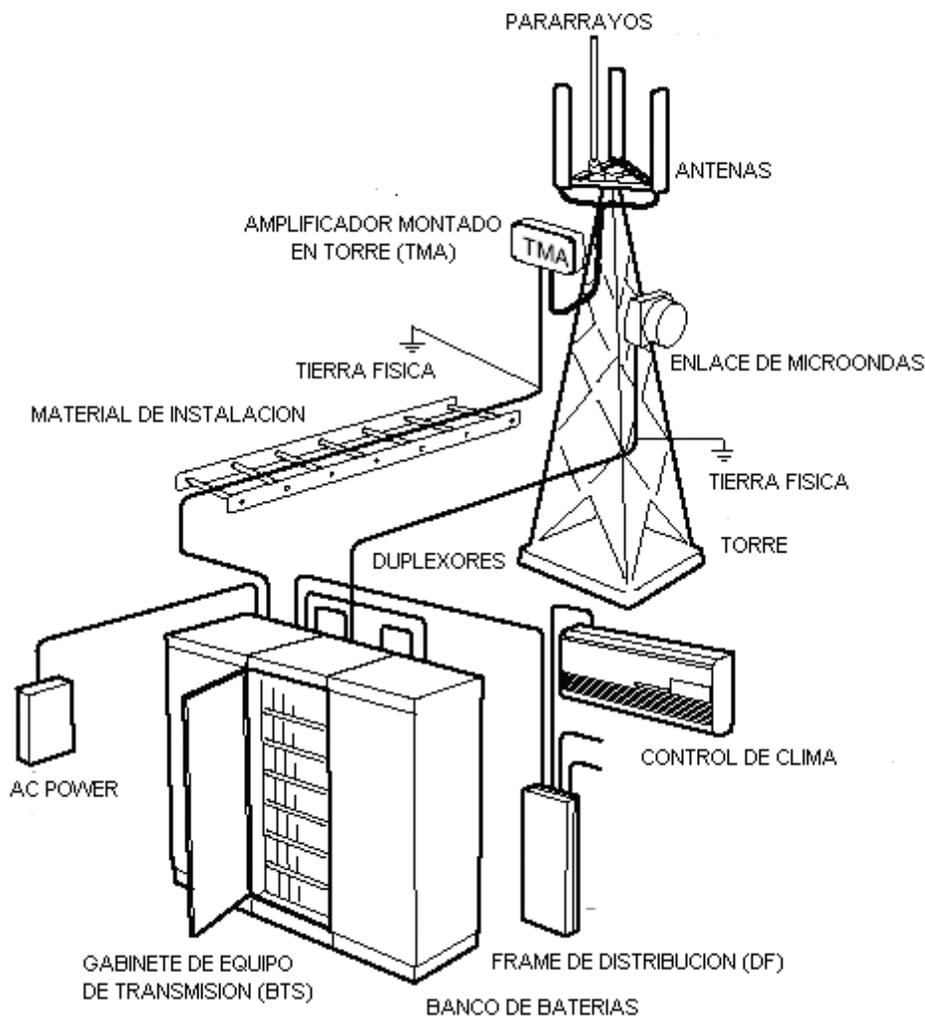


Figura 3.1 Elementos que conforman un sitio celular.

PARARRAYOS.

Propiamente dicho un pararrayos es una varilla conductora comunicada a tierra, colocada en el punto más alto de la torre para proteger a todo el equipo conectado a ella de los efectos de una descarga eléctrica en un sitio celular.

Un sistema de pararrayos es un elemento que se compone de tres partes:

- El Pararrayo propiamente dicho (varilla conductora)
- Cable o elemento conductor a tierra
- Tierra Física

En la cúspide de torres se colocará aproximadamente ha 3.0m de altura un tubo de 64mm de diámetro con longitud total de 1.00m en su extremo superior, para recibir la barra de descarga de 16 mm de diámetro (pararrayos) que incluye un arillo equipotencial de 9mm de diámetro, el cual deberá tener un ángulo de protección substancial mínimo de 71° y acoplada a un mástil de duraluminio de 50mm de diámetro y 3.00m de longitud, dicho mástil deberá sujetarse al tubo de 64mm por medio de abrazaderas metálicas dobles o abrazaderas en “U” atornillables.

Durante el proceso de obra civil se deberá dejar ahogado un electrodo para la conexión del cable de pararrayos el cual deberá ubicarse del lado opuesto a la cara por la cual baja la cama de guía de oda.



Figura 3.2 Torre con pararrayos y luz de obstrucción.

Algunas consideraciones a tomar en el pararrayos:

- El número de interconexiones deben ser mínimas.
- La trayectoria del cable a tierra será lo mas sencilla posible, evitando curvas pronunciadas y ángulos rectos.
- El pararrayos debe ser la estructura existente a mayor altura, esto debido a que un rayo siempre impactara en la superficie más alta y el objetivo principal de este elemento es el proteger a todo el equipo de los efectos de las descargas eléctricas.

En la figura 3.2 puede observarse otro elemento de un sitio celular que es conocido como luz de obstrucción que tiene como función principal delimitar el espacio de la torre.

La luz de obstrucción roja. Se usará en instalaciones con Alturas relativas respecto al espacio aéreo de 45 a 60 m, independientemente de su ubicación referida a las áreas de protección. Pueden instalarse en la cúspide, sin embargo está condicionada a utilizarse como balizamiento secundario a un primer y Segundo tercio superiores de la instalación, en este caso serán únicamente dos luces sencillas situadas en piernas opuestas de la torre a la altura estipulada, siguiendo y respetando las normas establecidas. Se sujetarán a la estructura de la torre por medio de tubo conduit con abrazaderas atornillables tipo U o sistema similar que garantice su perfecta sujeción, siempre y cuando no obstruya su visualización desde arriba de la torre.

Estroboscopio. La utilización de éste tipo de iluminación es para casos en que se determine la necesidad de tener la señalización durante las 24 horas, se podrá utilizar faro de destello de alta intensidad y media intensidad del tipo respectivamente. El uso de luces de destello blancas (estroboscópicas), se limita a su instalación en la cúspide, pero se podrá instalar en el tercio superior del cuerpo de la torre. Las luces de alta intensidad se utilizarán en instalaciones cuya altura relativa respecto al espacio aéreo exceda los 150 m y su ubicación sea dentro de las superficies limitadoras de obstáculos, utilizándose 3 luces para cubrir un haz de 360° (debido a que cada uno tiene una cobertura máxima de 120°). Las luces de media intensidad se emplearán en instalaciones que excedan de 100 m. sobre el nivel del espacio aéreo con la misma condición de ubicación en zonas limitadoras, utilizando en este caso solo una luz, debido a que es omnidireccional.

ANTENAS.

Una antena es un dispositivo formado por un conjunto de conductores que, unido a un generador, permite la emisión de ondas de radio frecuencia por el espacio libre, o que, conectado a una impedancia (Resistencia), sirve para captar las ondas emitidas por una fuente lejana.

Las antenas deben de dotar a la onda radiada con un aspecto de dirección.

La antena se puede definir como un sistema de conductores que radia o intercepta ondas electromagnéticas para su posterior uso, es decir, transforma una corriente eléctrica alterna en ondas electromagnéticas o viceversa.

La antena puede realizar la función de recibir o transmitir la señal con la ayuda de otros dispositivos en un sitio celular, el equipo que realiza la diferenciación entre transmitir o recibir una señal en la tecnología GSM es el duplexor. Cuando la antena transmite emite la potencia del radio según un patrón de radiación de forma tridimensional. Y cuando la antena recibe colecta las señales desde los usuarios celulares hacia la entrada del radio.

Las características principales de una antena son:

- Polarización.
- Patrón de radiación de la antena.
- Ganancia de la antena.
- Impedancia de entrada
- Ancho de Banda

POLARIZACIÓN

Una onda de radio, como cualquier onda electromagnética, tiene un campo magnético H y un campo eléctrico E. La orientación del campo eléctrico respecto a la superficie terrestre determina la polarización. La polarización de una antena describe la orientación y el sentido del vector de campo eléctrico. En el caso general, el campo eléctrico total de una antena reside en un solo plano y tiene dos componentes. Estas dos componentes pueden tener diferente magnitud y están orientadas en diferentes direcciones (relaciones de fase). Los dos tipos más comunes de polarización son:

- Circular: Donde las dos componentes del campo eléctrico tienen la misma magnitud y tienen una diferencia en orientación de 90 grados.
- Lineal: Una de las componentes del campo eléctrico es nula.

Tanto la polarización lineal como la circular son casos particulares de la polarización elíptica. Si el campo eléctrico es vertical, la onda de radio está polarizada verticalmente. Si el campo eléctrico es horizontal, la onda de radio está polarizada horizontalmente. Teóricamente, para que la onda de radio sea recibida a su máxima ganancia, la antena del receptor deberá ser orientada en la misma dirección de la polarización de la antena transmisora. En la realidad, mientras que las antenas de las estaciones radio base son usualmente colocadas de forma vertical, la orientación de la antena del móvil puede estar en cualquier dirección, afortunadamente, debido a efectos como reflexión y difracción, muchas señales alcanzan al móvil, permitiendo una comunicación bidireccional independientemente de que la orientación de la antena del móvil no sea la más apropiada.

Actualmente y en la tecnología GSM se ha avanzado en este campo existiendo en mayor uso un híbrido conocido como CROISS POLARIZATION que no es otra cosa que una combinación de polarización horizontal y vertical que ayuda en la transmisión y recepción de señales electromagnéticas, conocida como polarización cruzada, que la mayoría de las antenas más recientes tienen este tipo de polarización y en conjunto con la reflexión, refracción y difracción de las señales electromagnéticas generan buenos niveles de señal.

PATRÓN DE RADIACIÓN DE LA ANTENA

El Patrón de Radiación es la representación gráfica de las intensidades de los campos o las densidades de potencia en varias posiciones angulares en relación con una antena

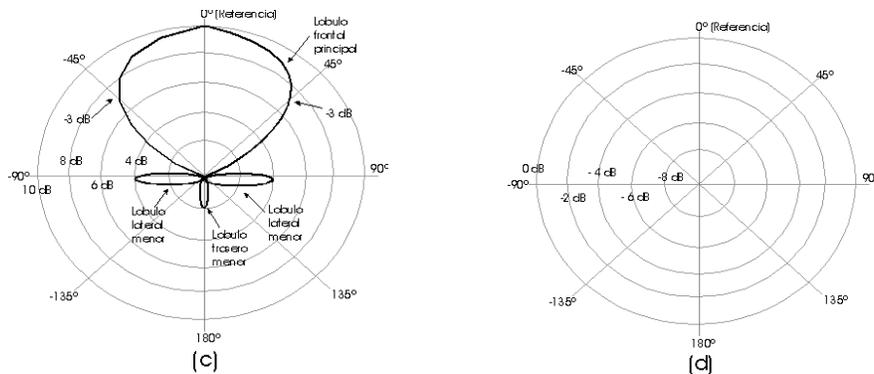


Figura 3.3 Patrón de radiación de la antena

El patrón de radiación de una antena se define como una función matemática a representación gráfica de las propiedades de radiación de una antena en función de las coordenadas espaciales. El patrón de radiación proporciona la información que describe como la antena dirige la energía que ella misma irradia. Una antena que sea 100% eficiente radiará la misma cantidad de energía que recibe, sin importar la forma del patrón de radiación.

Los patrones de radiación generalmente son presentados en un diagrama polar, que no es más que la intersección de un plano específico con la forma con que la energía se propaga en tres dimensiones. Los planos más comunes que se representan en diagramas polares son el vertical y el horizontal; en la figura 3.3 se presenta el barrido vertical y horizontal de los planos más comúnmente utilizados, así como un patrón de radiación representado en forma polar.

Los patrones de radiación son presentados en una escala de potencia relativa en dB, es decir, se le asigna 0 dB al máximo valor medido cuando se realizan las pruebas para la determinación de los patrones de radiación.

Una vez que la información del patrón de la antena ha sido detallada en un gráfico polar algunas propiedades pueden ser descritas, tales como la apertura horizontal, directividad, lóbulos laterales, etc. Para poder explicar estos conceptos es necesario considerar una antena de referencia, la antena puntual o isotrópica (que irradia por igual en todas las direcciones). En la práctica cuando se dice que una antena es omnidireccional se está haciendo únicamente referencia al patrón horizontal.

En la mayoría de los casos prácticos se utilizan antenas direccionales ya que permiten aumentar la capacidad del sistema celular. El nivel relativo de máxima energía radiada con respecto a una antena isotópica se denomina directividad. Cuando mayor sea la directividad la energía estará concentrada en algún punto específico. La apertura de la antena directiva es simplemente el ancho angular que existe entre los puntos.

Los lóbulos laterales son una medida de la energía que esta fuera del lóbulo principal, se debe en lo posible tratar de eliminar lóbulos laterales, así como cualquier tipo de radiación que esté fuera del haz principal, para de esta forma poder aumentar la eficiencia y directividad

de la antena. Para las antenas transmisoras la presencia de lóbulos laterales y traseros son causa de interferencia en otras antenas y para antenas receptoras la presencia de estos lóbulos de energía puede causar interferencia en el sistema receptor proveniente de cualquier antena transmisora cercana.

GANANCIA DE LA ANTENA

La ganancia de la antena es la tasa de potencia de una cierta antena, referida a la potencia máxima de una antena de referencia, sin pérdidas, en una dirección dada. Una antena isotrópica es una antena hipotética que irradia la misma potencia en todas las direcciones, es decir, tiene un patrón de radiación esférico. Como todas las antenas exhiben algún grado de directividad, la antena isotrópica existe solamente como un concepto matemático y esta antena puede ser usada como referencia para especificar la ganancia de una antena real. La ganancia de una antena referenciada a una antena isotrópica es la tasa entre la potencia requerida en la antena práctica y la potencia requerida en una antena isotrópica para obtener el mismo campo de fuerza en la dirección específica de la antena que se desea medir. La ganancia directiva con relación a una antena isotrópica es expresada en unidades de dBi y se mide donde el patrón de radiación de la antena directiva es máximo.

Una antena de dipolo de media onda puede ser usada también como referencia en la ganancia de antenas prácticas. El dipolo de media onda es un conductor recto con la alimentación de la señal de RF en la mitad del conductor y cuya frecuencia de resonancia se encuentra en el punto en el cual su longitud de onda es la mitad.

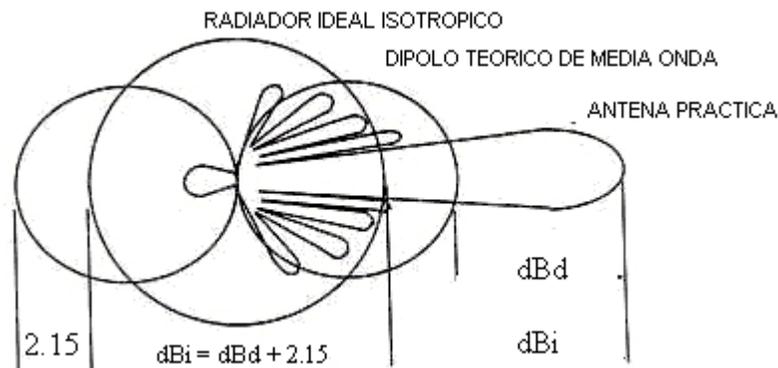


Figura 3.4 Comparación de Ganancia entre un dipolo, una antena isotrópica y una antena práctica

Generalmente el dipolo es más usado como referencia para antenas prácticas que la antena isotrópica. La diferencia de ganancia entre un dipolo y una antena isotrópica es de 2.15dB. La figura 3.4 ilustra la diferencia en ganancia, entre una antena isotrópica, un dipolo y una antena práctica. El patrón vertical que se observa en la figura 15 de la antena práctica es el de una antena directiva.

ACOPLAMIENTO DE IMPEDANCIAS

Para poder lograr máxima transferencia de energía entre un cable o una línea de transmisión y una antena, la impedancia de entrada de la antena debe ser idéntica a la impedancia de la línea de transmisión. Si la antena y la línea de transmisión no están

acopladas, se genera una onda reflejada que viaja hacia la fuente de la energía. Esta reflexión de energía origina una reducción de la eficiencia total del sistema, esta pérdida ocurrirá tanto si la antena es usada para recibir ó para transmitir.

La onda de voltaje resultante en la línea de transmisión es una combinación tanto de la onda incidente como de la reflejada. El cociente entre el máximo valor de voltaje a lo largo de la línea y el mínimo es llamado ROE., suponiendo que no hay atenuación en la línea.

El ROE es una medida de qué tan bueno es el acoplamiento entre la antena y la línea de transmisión, un aumento de ROE implica un aumento del desacople entre los dos dispositivos. La mayor parte de los sistemas de comunicación operan con 50 ohms de impedancia de entrada, por lo tanto las antenas deberían tener impedancias cercanas a este valor. Si la antena y la línea de transmisión tienen la misma impedancia la ROE resultante es 1.

ANCHO DE BANDA

El Ancho de banda de la antena se define como el rango de frecuencias sobre las cuales la operación de la antena es "satisfactoria". Esto, por lo general, se toma entre los puntos de media potencia (-3dB) como se observa en la figura 3.5.

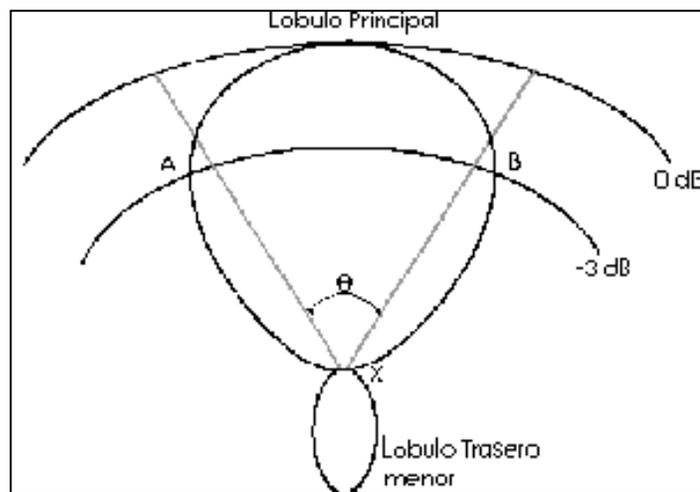


Figura 3.5 Ancho de Banda de una antena

Así concluimos con la breve descripción de los elementos que conforman una antena, para enfocarnos un poco más a los casos prácticos existentes en la realidad en los sistemas celulares actuales.

De manera práctica en los sistemas celulares se usan los siguientes modelos de antenas independientemente de la tecnología usada, obviamente las características de las antenas varían levemente dependiendo esta tecnología, pero una antena siempre cumple con su función primaria que es radiar o captar ondas electromagnéticas.

Entre los principales tipos de antenas se encuentran las siguientes:

- Antenas Omnidireccionales.- En este tipo de antena, su patrón de radiación se distribuye hacia los 360°, por ello requiere una mayor potencia para dar cobertura a una distancia mayor.
- Antenas Tipo Panel.- Este tipo es direccional y varia el ángulo de abertura dependiendo de la antena, así también se pueden modificar otros parámetros de la misma como lo son el tilt, que dependiendo el modelo de antena puede modificarse el tilt eléctrico, o el tilt mecánico, pero puede convivir la modificación de ambos parámetros cuando la antena cuente con ellos, aunque regularmente las antenas que tienen tilt eléctrico variable, el mecánico lo tienen fijo y viceversa.

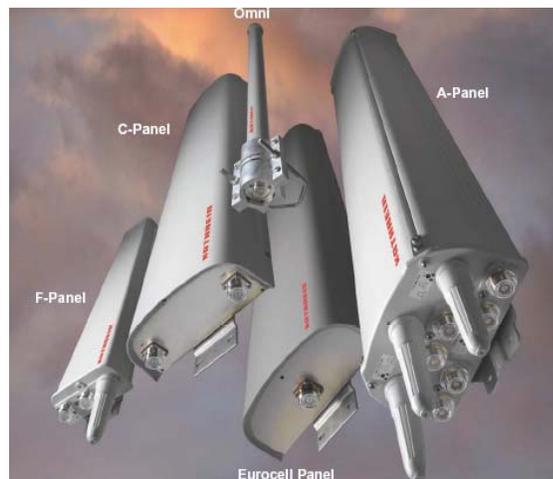


Figura 3.6 Tipos de antena.

Estos son los tipos de antenas (Figura 3.6) usados normalmente durante la instalación o expansión de una red celular, aunque estos no son los únicos modelos de antena, si son los más usados, debido a sus características propias, pero pueden usarse otro tipo de antenas o un sistema de ellas dependiendo principalmente de las necesidades de cobertura de una zona en particular. La eficiencia de una antena en la frontera de la zona de cobertura influye por la precisión de la dirección del haz principal. La Dirección de la viga principal se ve influida tanto por la instalación como por las vibraciones en la estructura donde se monta la antena.

En la Figura 3.7. se muestran algunos ejemplos más de antenas de radiofrecuencia, utilizadas por la telefonía celular.



Figura 3. 7 Ejemplos de varios modelos de antenas de RF.

TILT DE LA ANTENA.

La potencia transmitida en la dirección horizontal es mayor cuando el haz de la antena no se inclina hacia abajo-. Inclinando hacia abajo se puede utilizar para ampliar la cobertura y/o problemas de interferencias. Sin embargo, a pesar de la inclinación de la antena se pueden usar para resolver problemas de cobertura o de interferencia. Ángulo de inclinación depende de la anchura del lóbulo vertical de la antena. La inclinación hacia abajo se puede utilizar en combinación con la inclinación eléctrica y viceversa.

Como ya se había mencionado se puede modificar el tilt mecánico y el eléctrico que simplemente son movimientos del patrón de radiación con respecto al eje urbano o rural para modificar la propagación de la antena, por lo que se muestran figuras del kit para tilt mecánico que como puede observarse es una bisagra que permite la inclinación de la antena para modificar su patrón de radiación con respecto a la geografía.

En la figura 3.8 se puede observar los tipos de tilt..

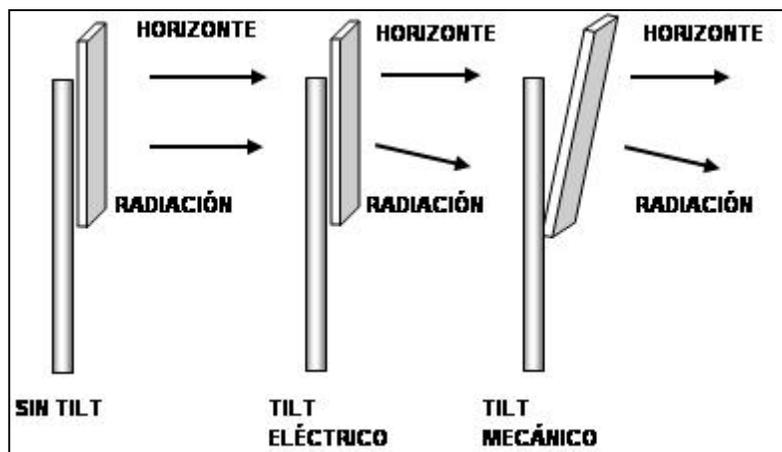


Figura.3.8 Tilt Mecánico y Eléctrico

TILT MECÁNICO

MET: Inclinación Mecánica ajustable, esta inclinación tiene un rango ajustable que va desde los 0° (inclinación superior) hasta los 5° - 8° , en función de la antena. Figura 3.9



Figura 3.9 Elementos para un Tilt Mecánico.

A continuación (Figura 3.10), se muestran los elementos para la modificación del tilt eléctrico, que en este se modifican las características del patrón de radiación de manera interna propia de la antena, la modificación de este parámetro es más controlado debido a que ya se realizaron pruebas sobre la modificación del patrón de radiación, pero siempre varía el este patrón por las características del entorno.

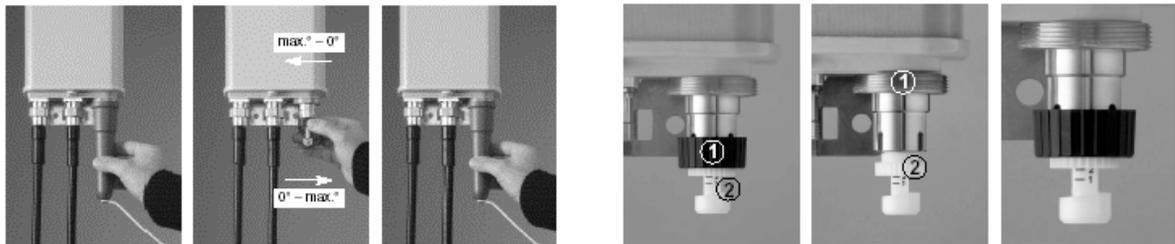


Figura 3.10 Tilt Eléctrico

ENLACE DE MICROONDAS.

Un enlace de microondas es el medio por el cual un sitio celular se comunica con otros para el intercambio de información referente a el estado que guarda, aunque no es el único medio de intercambio de información usado en los sitios celulares si es el más común, también se puede usar fibra óptica para este intercambio de información pero su uso es más costoso, aunque proporciona una mayor capacidad.

En el caso de TELCEL se utilizan equipos de microondas de diferentes fabricantes, como NEC, ERICSSON y otros más, con capacidades de acuerdo a la necesidad de la zona como 4E1, 16E1 Y 40E1.

Existen antenas de diferentes tamaños 0.3m, 0.6m, 1.2m, 1.8m y 2.4m el uso de cada una de ellas dependerá de la distancia y la frecuencia de operación.



Figura 3.11 Antenas de microondas

SISTEMA A TIERRA FISICA

Para evitar que los campos eléctricos en un sitio tengan descargas eléctricas se debe de proteger a los equipos, esto se hace con un sistema a tierra. Una barra metálica se puede instalar en la sala del equipo instalado. Esta barra consta de 35 mm² cable de cobre con aislamiento negro, se ejecuta el cable a lo largo de todas las escaleras. Piezas cortas, de 25 mm² de cobre, todos los gabinetes deben estar conectados al sistema de tierras

A continuación se muestran algunos ejemplos de como se conectan estos sistemas de tierras

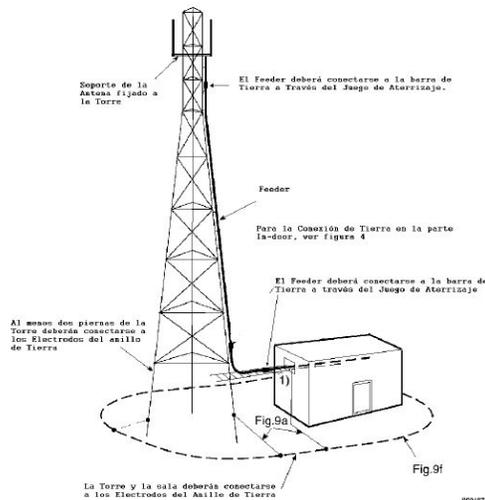


Figura 3.12. Sistema a Tierra en un Sitio Celular

Esta conexión a tierra se utiliza solamente para protección de relámpagos.

Las antenas están conectadas a tierra por medio del mástil o de la canastilla de la torre.

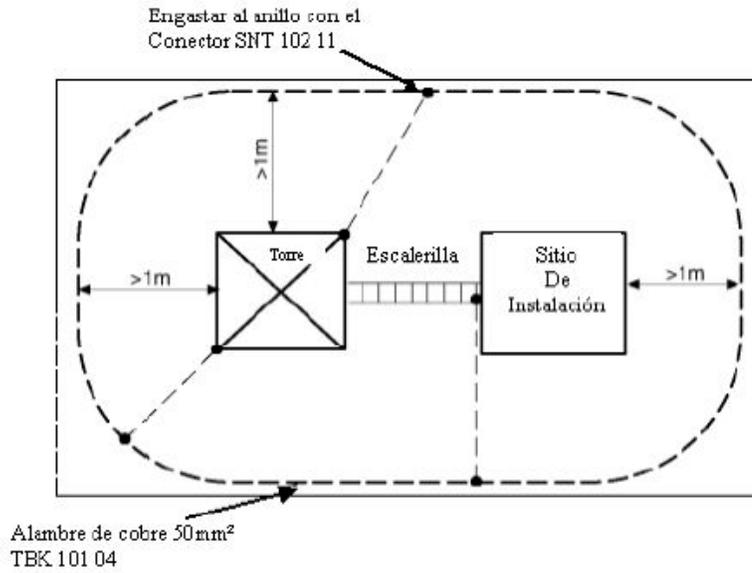


Figura 3.13. Campo de protección del sistema a tierras.

En la figura 3.13 se observa el diámetro de cobertura de protección que genera el sistema a tierra del sitio celular. El Electrodo se coloca a 0.5m de profundidad.

En las siguientes imágenes mostramos algunas barras de tierra las cuales se utilizan para conectar los diferentes elementos como antenas, equipos, feeder, etc. al sistema de tierra física principal.



Figura 3.14 barras de cobre para tierra física.

LÍNEAS DE TRANSMISIÓN



Figura 3.15. Feeder

7/8

En la figura anterior se muestra un ejemplo de un feeder y un conector de 7/8" de Diámetro.

Los feeders son líneas de transmisión que de acuerdo a las necesidades se pueden utilizar diferentes calibres.

A continuación se muestra una Tabla de los diferentes calibres de feeders mostrando su diámetro en mm y su pérdida en db. Figura 3.16.

Feeder size	Diameter [mm]	dB loss/100m	Max length [m]
7/8"	28	6.3	30
1 1/4"	39	4.6	50
1 5/8"	50	4.0	>50

Figura 3.16. Tabla de Calibres de Feeders

La siguiente figura muestra un ejemplo de como poner a tierra los feeders en los diferentes trayectos sobre la cama de guía de onda. Figura 3.17.

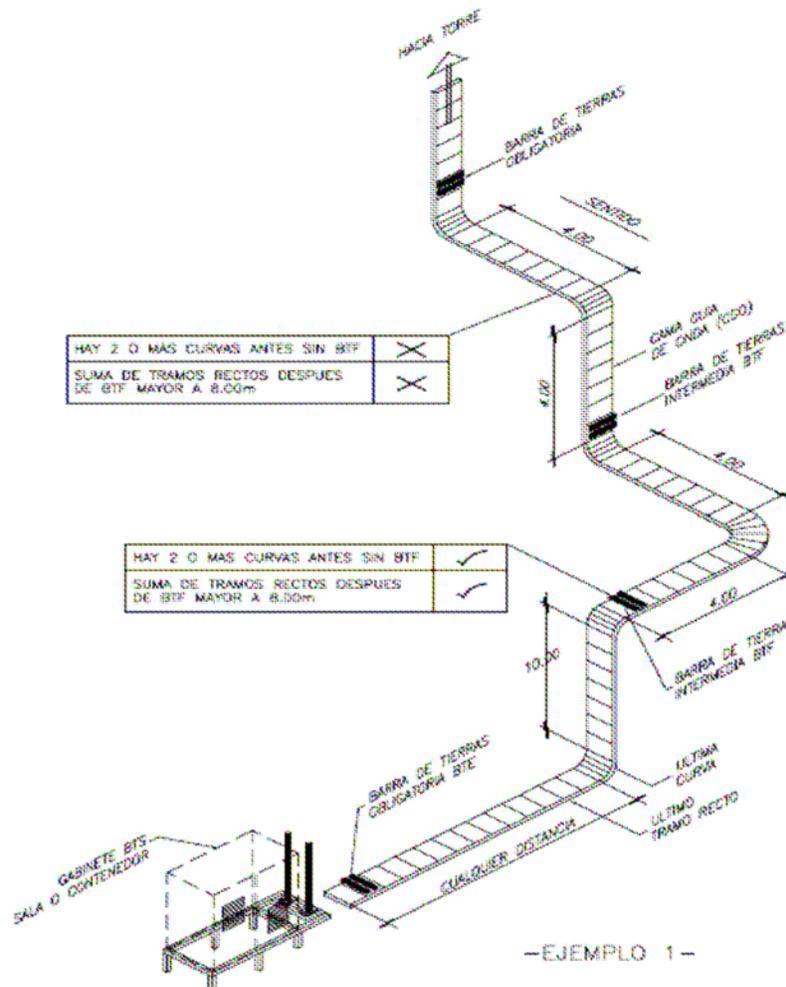


Figura 3.17. Ejemplo de puesta a tierra sobre la cama de guía de onda.

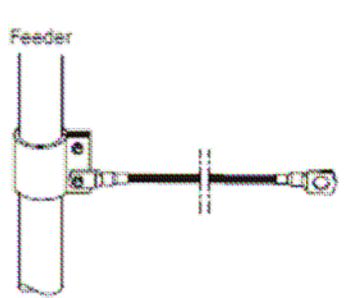


Figura 3.18. Ejemplo kit de aterrizaje para feeder.

TMA (TOWER MOUNTED AMPLIFIER).

Es un complemento usado en la telefonía celular principalmente GSM, el cual como su nombre lo indica es un amplificador montado en torre, cuya función es amplificar la señal de RF que es transmitida para mejorar la cobertura ofrecida por el sistema celular.

En otras palabras un TMA es una unidad externa montada en el mástil, cerca de la antena. Amplifica la señal recibida para aumentar la sensibilidad del sistema global y compensar la pérdida de alimentación de la antena en un sistema de 850, 1800 o 1900 MHz. El TMA se conjuga con el CDU (Unidad de Combinación y Distribución) y son controlados por la BTS. Algunos ejemplos se pueden observar en la figura 3.19.

No existe deterioro de sensibilidad del receptor si la pérdida del alimentador entre la BTS y el TMA es menor de 4 dB.



Figura 3.19. Ejemplos de TMA (Tower Mounted Amplifier)

TIPOS DE TMA

En la siguiente figura (Figura 3.20) se pueden observar los diferentes tipos de TMA (Tower Mounted Amplifier) que se pueden utilizar en la Telefonía Celular.

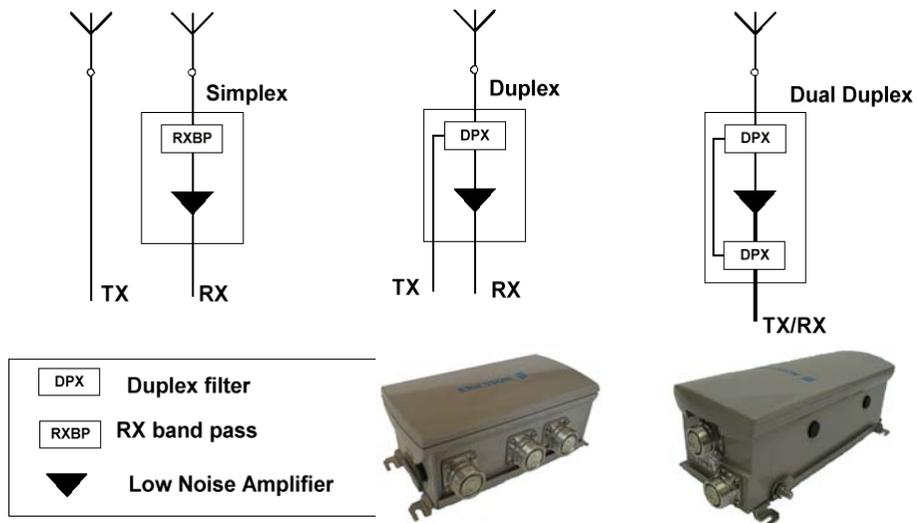


Figura 3.20 Tipos de TMA (Tower Mounted Amplifier)

TMA DUPLEX

Este amplificador tiene como particularidad que no reduce el numero de feeder que pasan por el y se utiliza un solo filtro. Figura 3.21.

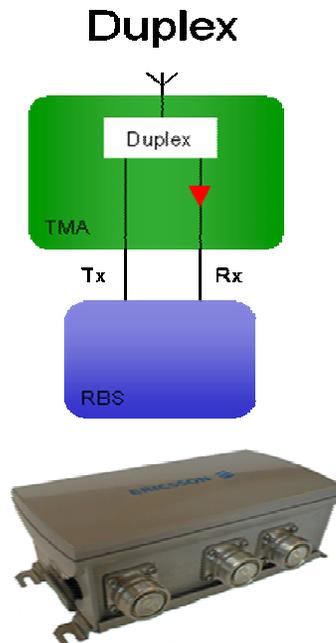


Figura 3.21 TMA Duplex

TMA DUAL DUPLEX

Este amplificador reduce el número de feeders que pasan por él y utiliza dos filtros.
Figura 3.22.

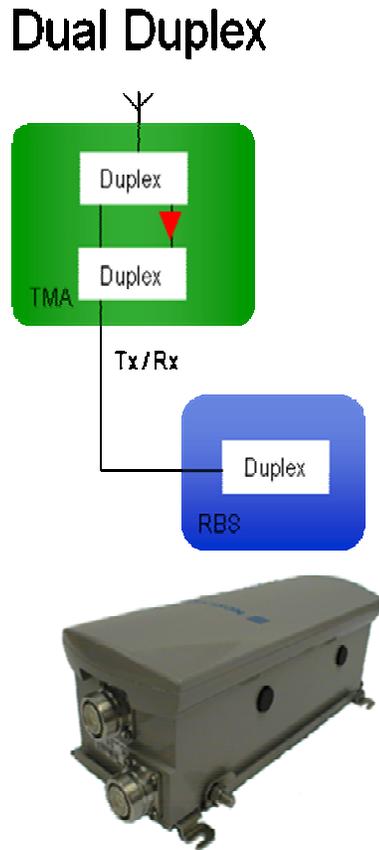


Figura 3.22 TMA Dual Duplex

TIPOS DE TORRES

En la telefonía celular se utilizan diferentes modelos de torres, principalmente debido a las características existentes en los predios designados para funcionar como sitios celulares, estas estructuras pueden variar según las necesidades y las condiciones del sitio en donde se vaya a colocar.

Así, existen desde Torres Arriostradas (torres con tirantes), Torres Auto soportadas, monopolos, mástiles, entre otras, las cuales suelen estar compuestas por perfiles y ángulos de acero unidos por tornillos, pernos o remaches o por medio de soldadura. Estas estructuras podrán ser de diversas alturas, dependiendo de la altura requerida para poder suministrar un correcto funcionamiento.

TORRES ARRIOSTRADAS:

Muchas veces se requieren instalar antenas celulares en puntos específicos o regiones, por lo que se recurre a construir torres arriostradas sobre edificaciones existentes. Estas torres cuentan generalmente de tirantes o arriostres a diferentes distancias. El peso que genera la torre sobre la estructura existente no es muy grande, por lo que no le adiciona mucho peso a la edificación, sin embargo, se deben de colocar el apoyo de las torre y sus arriostres sobre columnas y elementos resistentes, porque la descarga de la torre no podría colocarse sobre una losa o algún otro elemento inadecuado, porque este podría fallar. La base de la torre transmitirá un esfuerzo de compresión en donde este apoyada, y los arriostres generalmente transmitirán esfuerzos de tensión.

Los cables o arriostres generalmente se tensan al 10% de su Resistencia, la cual es proporcionada por el fabricante. Así, por ejemplo, si el cable tiene una resistencia a la ruptura de 4.95 Ton en tensión, entonces se acostumbra tensar los cables a 0.495 Ton. También se pueden tensar los cables con diferentes fuerzas, calculando una tensión tal que el sistema este en equilibrio. Como se muestra en la figura 3.23 y 3.24.

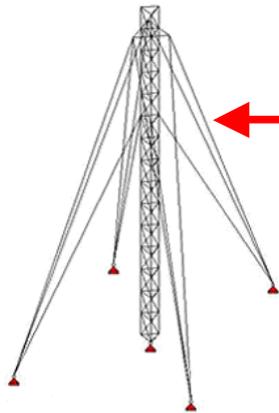


Figura 3.23 Modelo de la Torre Arriostrada

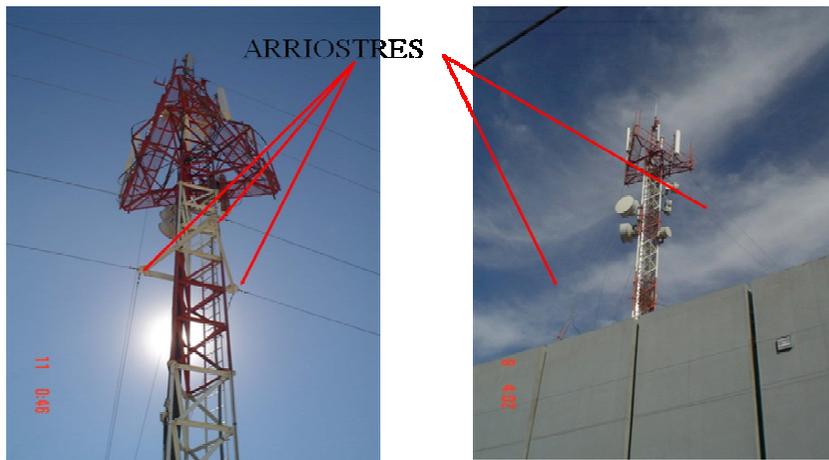


Figura 3.24 Ejemplos de Torres Arriostradas

Cuando al centro de la edificación no se encuentre una columna para poder apoyar la base de la torre, se puede recurrir a la colocación de alguna viga de acero o alguna estructura para que la torre se apoye. Esta estructura podrá ya apoyarse sobre otras columnas de la edificación. Ver Figura 3.25

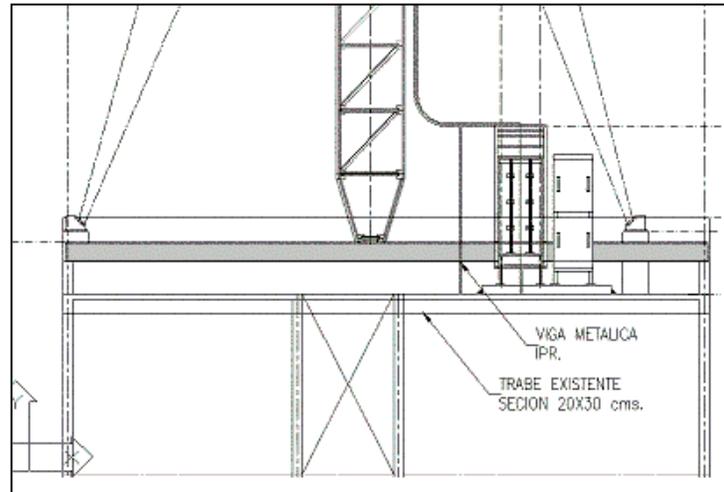


Figura 3.25 Torre sobre Viga Metálica

TORRES AUTOSOPORTADAS:

Como su nombre lo indica este tipo de torres no necesitan de soportes adicionales que les ayuden a sostenerse, el inconveniente con este tipo de torres es que necesitan un espacio considerable para soportarse al menos 4 metros entre piernas, esto dependiendo de la altura de la torre, aunque son usadas regularmente en todo tipo de situaciones a continuación unos ejemplos. Figura 3.26



Figura 3.26 Ejemplos Torres Autosoportadas.

Estas torres se construyen sobre terrenos, en áreas urbanas o cerros, y deberán de contar con una cimentación adecuada para poder resistir las fuerzas a las que están sometidas. La geometría de estas torres depende de la altura, la ubicación y del fabricante de la torre. Ver Figura 3.27

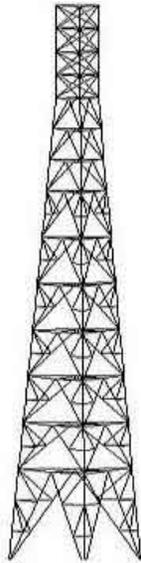


Figura 3.27 Torre Autosoportada Cimentación para Torre Autosoportada

TORRES MONOPOLO:

Estas estructuras son instaladas en lugares en donde se requiere conservar la Estética, pues son las que ocupan menos espacio, y se pintan de algún color o se adornan para que se permita que la estructura se camuflaje y se simule la vegetación. Como estas estructuras están sobre terrenos, se deberá de construir una cimentación adecuada para resistir los efectos de la misma. Figura 3.28



Figura 3.28 Torre Monopolo y Cimentación para Torre Monopolo

EQUIPOS

RBS (GSM)

Equipos transmisores y receptores que interactúan con las estaciones móviles MS.

A continuación mencionaremos los elementos que forman el cerebro de un sitio celular, enfocados en la tecnología utilizada en México especialmente por TELCEL.

Tenemos los siguientes modelos de radiobase del fabricante ERICSSON.

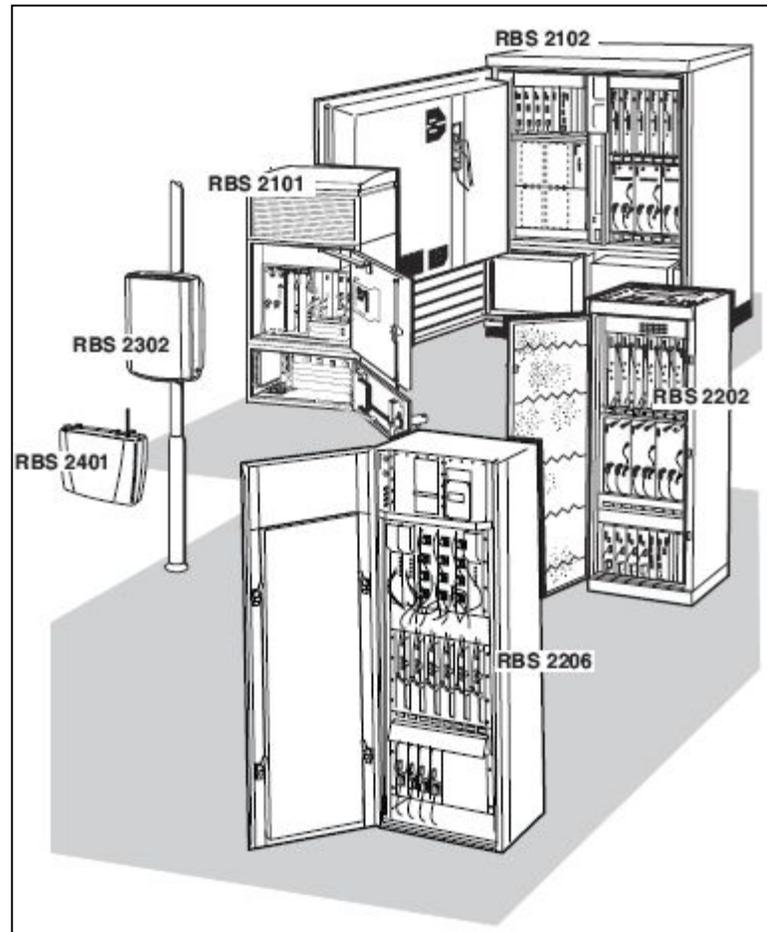


Figura 3.29. Modelos de equipos utilizados por TELCEL.

Algunos de los modelos Ericsson utilizados por TELCEL son los siguientes:

- RBS 2102 Equipo Outdoor
- RBS 2202 Equipo Indoor
- RBS 2106 Equipo Outdoor
- RBS 2206 Equipo Indoor
- RBS 2302 Equipo para microcélulas

- RBS 2401 Equipo para microcélulas
- RBS 3000 Esta serie es de la tecnología UMTS actualmente en proceso de instalación. De acuerdo a los requerimientos del sitio, se define el tipo de gabinete que se utilizara, algunos funcionan en un ambiente indoor como el modelo 2206, también se tienen los que no requieren un ambiente especial además de que ocupan mucho menos espacio como el modelo 2106, se tienen también los utilizados en microcélulas, los cuales pueden ir montados sobre un muro como una pequeña mochila.

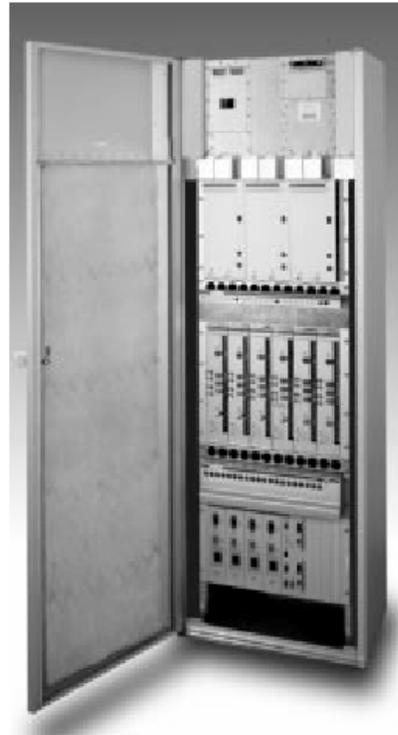


Figura 3.30 Fotografía de RBS 2206 dimensiones en mm. (altura x anchura x profundidad): 1900x600x400.

Existen otros elementos que en conjunto con la radiobases hacen posible el buen funcionamiento de un sitio celular, estos elementos son los siguientes:

- BANCO DE BATERIAS: Es el respaldo de energía para todos los dispositivos, operan automáticamente en cualquier corte de energía.
- RECTIFICADOR DE AC: Rectifica el Voltaje de entrada ya que los equipos en operación funcionan con voltajes de +24V a -48V.
- RACK PCM: Elemento donde se colocan los equipos de transmisión como PDH Y SDH, que son los que conectan a la radio base a la red celular.
- DF (DISTRIBUTION FRAME): Interfaz entre la transmisión y la RB, funciona como alarma.

- CONTROL DE CLIMA: Mantiene a los equipos a una temperatura adecuada ya que al estar funcionando las 24 horas podrían calentarse demasiado y disminuir su vida útil.
- AC POWER: Tablero para el control principal de la acometida de 220V.
- RBS 884: Equipo Ericsson con tecnología D-AMPS actualmente en funcionamiento.

En las dos siguientes figuras mostramos el plano y la fotografía del interior de un contenedor telcel, donde se aprecia la distribución de cada uno de los elementos antes mencionados.

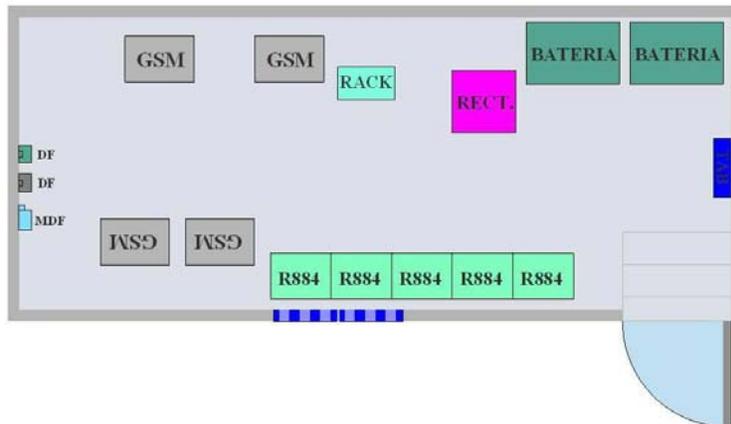


Figura 3.31 Plano de planta de contenedor Básico de Telcel.



Figura 3.32 Fotografía del interior de un contenedor Telcel.

De esta forma en conjunto todos estos elementos conforman un sitio celular cada uno realizando una función específica.

CAPITULO 4

PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES EN GSM

PROCESAMIENTO DIGITAL DE AUDIO (GSM)

La transmisión de voz sobre la interfaz de radio de un sistema de comunicaciones móviles con un entorno cambiante, es bastante complicada. Se tienen una serie de inconvenientes, entre los que se encuentran la escasez de espectro disponible y los efectos nocivos de la propagación de la onda sobre la interfaz de radio. El primer problema hace necesaria la eficiencia espectral, que obliga a establecer la comunicación con un flujo de datos de baja velocidad, manteniendo un nivel de calidad comparable a la telefonía convencional (cuando no se presentan errores) y con mucha menor velocidad de transmisión. Esto se realiza con el codificador de voz de GSM, también llamado codificador de la fuente, y que tiene una velocidad de 13 kbit/s. Esto permite que un número alto de usuarios utilicen el canal simultáneamente.

La eficiencia espectral hace necesaria además que el sistema de modulación usado tenga un ancho de banda relativamente estrecho y una baja radiación fuera de banda para reducir la interferencia en el canal de radio. Éste es un medio muy hostil en el que se presentan interferencias de otros usuarios, así como una gran cantidad de efectos entre los que se encuentran la atenuación debida a la distancia transmisor-receptor y las perturbaciones producidas por reflexión, difracción, scattering, efectos multipath, efecto Doppler, adición de señales espúreas y ruido. Esto hace necesario el uso de un sistema de detección e incluso de corrección de errores, llamado codificación del canal, que añade redundancia a los datos producidos por el codificador de voz y permite reducir el número de errores en el receptor.

PROCESADO DE SEÑAL EN GSM

En el procesado de señal en GSM se puede agrupar en tres bloques fundamentales. El primero está formado por la codificación de la señal de voz que describe el codificador RPE-LTP ("Regular Pulse Exciting – Linear Term Predictor") que se utiliza en GSM.

En el segundo bloque estarían los procedimientos aplicados para atenuar y tratar los errores y efectos nocivos producidos por el canal de radio. Por medio de la codificación del canal se añade redundancia para detectar y corregir errores. Sin embargo si la señal que llega al receptor presenta muchos errores, la voz o ruido de confort se debe generar de datos anteriores para evitar efectos molestos al oyente, o en caso de que los errores sean muy numerosos, proceder al apagado de la señal de salida.

El tercer bloque estaría formado por una característica que se conoce como transmisión discontinua (DTX, "Discontinuous Transmission"), que consiste en cortar la comunicación cuando no se tiene voz. Por ello es necesario un detector de actividad de voz (VAD, "Voice Activity Detection"). Para evitar la molestia que supondría la desaparición del ruido cuando la transmisión se corta, se genera un ruido artificial cuando no se recibe señal. Este ruido se actualiza y se transmite regularmente al receptor.

En la figura 4.1 se muestran las funciones principales del procesado de la señal de voz en GSM.

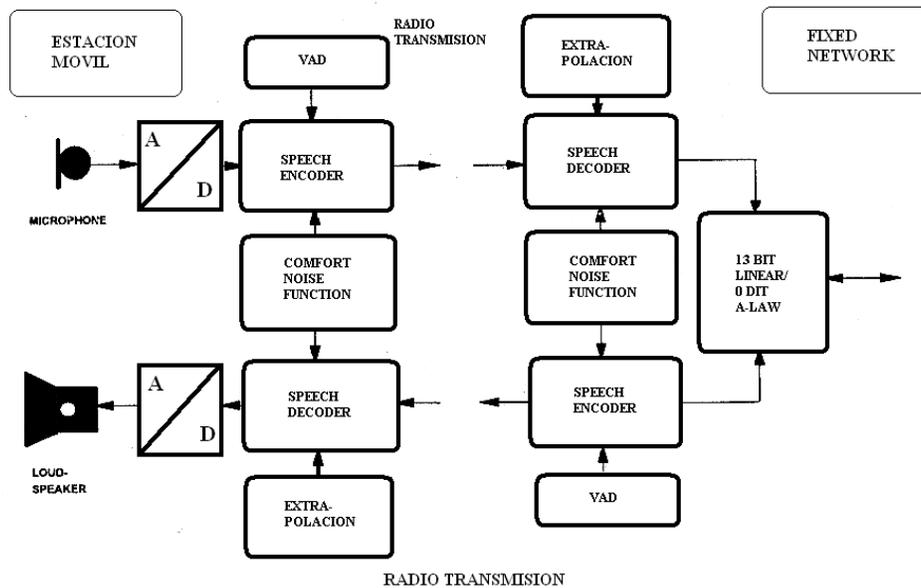


Figura 4.1.- Funciones de procesamiento de voz en GSM

CODIFICACIÓN DE LA SEÑAL DE VOZ

Los sonidos pueden clasificarse de forma genérica en sonoros y no-sonoros. En los primeros se abren y cierran las cuerdas vocales, modificando el área de la tráquea y produciendo un tren de impulsos cuasi-periódicos. El período o frecuencia fundamental de este tren de impulsos se conoce con el nombre de pitch, y su valor está comprendido entre 50 y 400 Hz para los hombres y es superior en mujeres y niños. En los sonidos no-sonoros el aire fluye libremente hasta alcanzar el tracto vocal al permanecer abiertas las cuerdas vocales. Finalmente, la variación voluntaria del tracto vocal, junto con el estado variante de las cuerdas, produce la voz

El tracto vocal actúa como una cavidad resonante para los sonidos sonoros, estando centradas las frecuencias de resonancia para la mayoría de la gente en 500 Hz y sus armónicos pares. Esta resonancia produce grandes picos en el espectro resultante, a los cuales se les llama formantes. Además la señal tiene una naturaleza paso-baja y a partir de unos 4 KHz comienza a predominar el ruido.

En cambio, el segmento de voz no-sonoro presenta una estructura ruidosa tanto en el dominio del tiempo como en el de la frecuencia, no teniéndose formantes. Además la energía de la señal es mucho menor que la de los sonidos sonoros.

MÉTODOS DE CODIFICACIÓN

Los distintos métodos de codificación tratan de eliminar la redundancia de la señal y así poder reducir al mínimo el número de bits usados para codificar cada muestra. Un método de codificación se evalúa con las siguientes características:

- Velocidad de transmisión ("Bit rate")
- Calidad de la voz reconstruida

- Complejidad de la implementación
- Retardo introducido
- Robustez ante la aparición de errores en el canal e interferencia acústicas
- Los codificadores se pueden clasificar en tres grupos:

CODIFICADORES DE LA FORMA DE ONDA:

Tratan de reproducir la forma de onda de la señal de entrada en el dominio del tiempo o en el de la frecuencia. Presentan una degradación aceptable en presencia de ruido y errores de transmisión y resultan efectivos para velocidades medias. Hay dos tipos que son:

- Codificación en el dominio del tiempo. Existen distintas técnicas de codificación según la forma de transmisión de la información de la señal digital. Se puede transmitir en la amplitud de los pulsos (PAM, "Pulse Amplitude Modulation"), en la posición (PPM, "Pulse Position Modulation"), en la anchura (PWM, "Pulse Width Modulation"), etc. La técnica más ampliamente utilizada es la conocida como PCM ("Pulse Code Modulation"), que consiste en representar cada cuanto mediante una secuencia de N bits. Otras técnicas muy usadas se basan en que existe una considerable correlación entre muestras adyacentes y lo que se transmite es la diferencia respecto a la muestra anterior. Pueden ser DPCM ("Differential Pulse Code Modulation") y ADPCM ("Adaptative Differential Pulse Code Modulation").
- Codificación en el dominio de la frecuencia. Esta puede ser a su vez por sub-banda y por transformada. Para el caso de sub-banda se divide la señal en un número de componentes en frecuencias separadas y se codifican independientemente. El número de bits asignados a cada banda depende de su importancia espectral. Generalmente en el caso de la voz, se usan más bits para las frecuencias bajas con el fin de preservar el pitch y la información de los formantes.

Por otra parte, la codificación de la forma de onda en el dominio de la frecuencia por transformada consiste en una transformación por bloques, de forma que se realiza una transformación a un dominio diferente y se codifican los coeficientes de la transformación. Esta forma de codificación es muy compleja, y como ejemplos se tienen las técnicas DCT ("Discrete Cosine Transform") y DFT ("Discrete Fourier Transform").

VOCODERS.

Los Voice CODERS intentan generar una señal de voz que suene igual que la original, independientemente de si la forma de onda se parece o no. En el emisor se analiza la señal de voz y se extraen los parámetros del modelo y la excitación; esta información se envía al receptor, el cual sintetiza la voz.

El vocoder más utilizado es el de predicción lineal LPC ("Linear Predictive Code"), que supone que cada muestra puede obtenerse a partir de una combinación lineal de las anteriores, aceptándose un filtro todo polos para modelar el tracto vocal. La expresión para realizar la decodificación sería la siguiente:

$$s_n = \sum_{k=1}^p a_k s_{n-k}$$

Donde s_n es la muestra actual, s_{n-i} son las muestras precedentes, a_i son los coeficientes del filtro, que se calculan para minimizar el error entre la muestra actual y su predicción, y p es el orden del filtro. Este método permite generar una señal inteligible con un bajo bit rate (del orden de 2.4 Kbps.), aunque su naturalidad es baja.

LOS HÍBRIDOS O PARAMÉTRICOS

Son una mezcla de los dos tipos anteriores. Utilizan un modelo paramétrico de producción de voz y tratan de preservar las partes más importantes, perceptualmente hablando, de la forma de onda de la señal de entrada. Existen varios tipos:

- RELP ("Residual Excited Linear Prediction"). Cuando la señal de voz se pasa a través de un predictor lineal se elimina la correlación entre tramas. Si la predicción es bastante buena, la salida del predictor será aproximadamente ruido blanco, espectralmente plano. El residuo contiene toda la información de excitación y cualquier información que el filtro LPC no considera (fase, información de pitch, nasalidad, etc.). La idea de RELP es que una pequeña parte del residuo se transmite y a partir de él se reconstruye el residuo completo en el receptor.

Aunque el concepto de codificación residual se usa también en ADPCM, RELP es diferente en el hecho de que la codificación del residuo se basa en el espectro en lugar de en la forma de onda. RELP opera en el rango de 6 a 9.6 Kbps.

MPLP ("Multi_Pulse Linear Prediction"). Los vocoders clasifican los sonidos en sonoros y no-sonoros, pero no consideran una mezcla de ambos, por lo que su calidad es baja. Para solucionar este problema se utiliza el codificador multipulso.

El período de pitch produce una correlación de retardo largo que no se elimina con el filtro LPC. Esta correlación puede hacerse desaparecer usando un segundo predictor lineal, llamado predictor de pitch o filtro de pitch, cuya expresión es la siguiente:

$$P(z) = 1 - \sum_{i=1}^M a_i z^{-M-i}$$

Donde a_i son los coeficientes del filtro, M es el factor que tiene en cuenta el retardo de término largo e i varía entre uno y el orden del filtro. La salida de este predictor es aproximadamente ruido gaussiano.

En este codificador se pasa a los dos filtros una serie de impulsos (entre cuatro y seis) como excitación. La posición y amplitudes se determinan usando un procedimiento de análisis por síntesis, consistente en elegir el conjunto de impulsos que produce el menor error entre la señal original y la reconstruida a partir de ellos. La calidad de los codificadores MPLP es muy buena a partir de bit rates de 9.6 Kbps.

Una variación del codificador MPLP consiste en elegir como secuencia de excitación patrones de pulsos regularmente espaciados. Es el codificador llamado RPE ("Regular Pulse Excitación"), que es usado en GSM. Un factor típico de espaciado de los pulsos es 3-4, siendo actualizada la posición del primer pulso cada 5 ms. El número de pulsos existentes cada 5 ms

es del orden de 10-13, obteniéndose sus amplitudes mediante la resolución de un conjunto de ecuaciones lineales.

- CELP ("Code Excited Linear Prediction"). En este codificador la secuencia de excitación del filtro de pitch se elige de lo que se conoce como "diccionario". El diccionario está formado por un conjunto de secuencias de ruido blanco gaussiano, cada una identificada por un índice dentro del mismo. Se realiza un proceso de análisis por síntesis para determinar la secuencia de ruido y las ganancias óptimas. Al receptor por tanto, sólo se le envía el índice del diccionario y la ganancia. Este tipo de codificadores consigue buena calidad de voz a 4.8 Kbps, aunque presenta el inconveniente de que la búsqueda en el diccionario requiere mucho cómputo.

FUNCIONAMIENTO DE LA CODIFICACIÓN - DECODIFICACIÓN DE LA VOZ

La Figura 4.2 muestra los componentes necesarios en el proceso de codificación y decodificación de la voz en GSM.

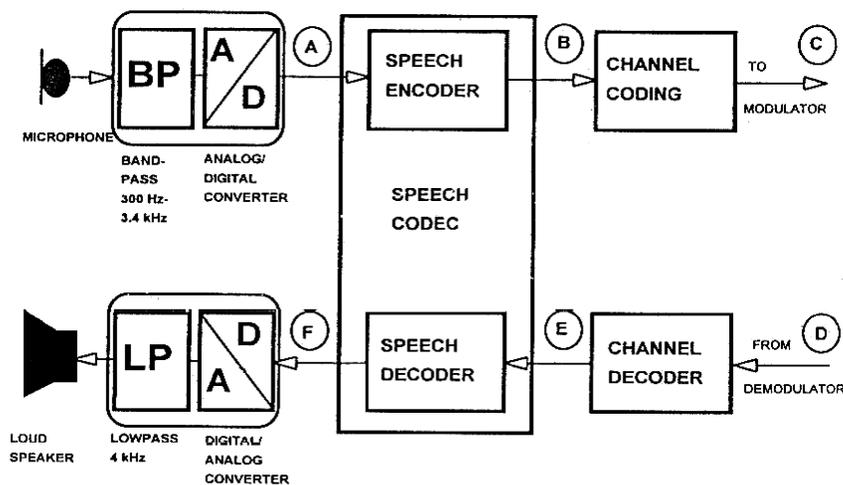


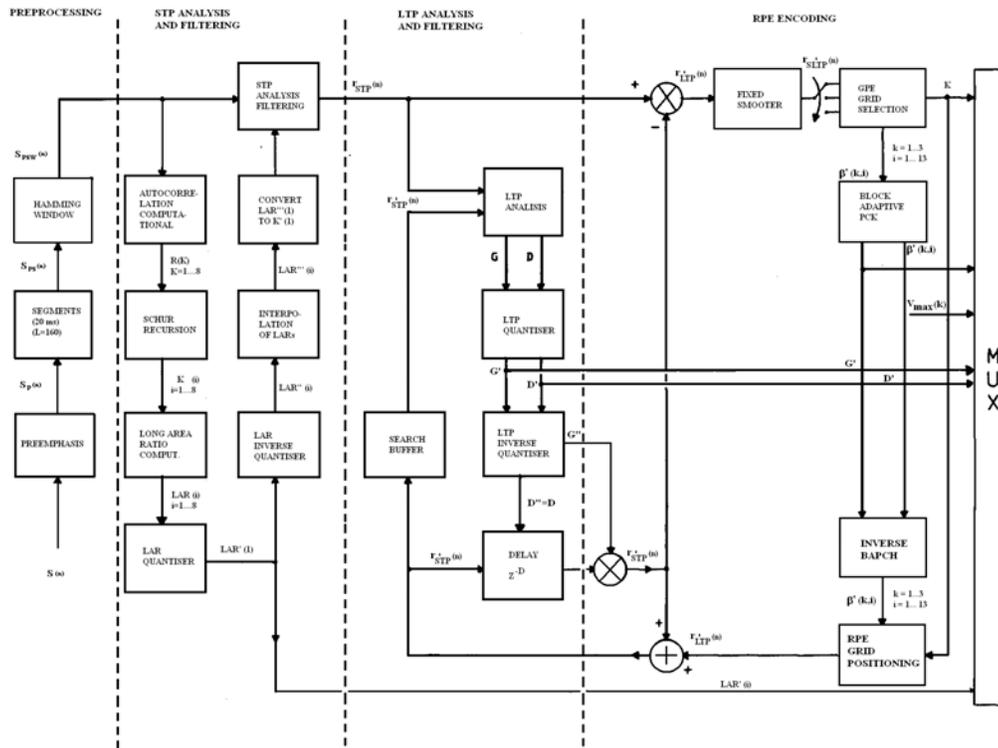
Figura 4.2.- Procesado de la señal de voz

El sonido se convierte en una señal eléctrica mediante el micrófono. La señal de entrada se filtra, de forma que sólo contenga componentes en frecuencia por debajo de unos 4 KHz. La señal en banda base de telefonía se reduce al mínimo ancho de banda entre 300 Hz y 3.4 KHz, suficientes para el reconocimiento inteligente de la voz. Después del filtrado, se muestra con un convertidor analógico digital a una frecuencia de 8 KHz, y se cuantiza linealmente con 13 bits, por lo que la velocidad de transmisión en este primer nivel es de 104 kbps. Esta interfaz en el proceso de codificación de la voz se llama interfaz de audio digital ("Digital Audio Interface" ó DAI). Pero, 104 kbps es una velocidad demasiado alta para ser transmitida a través de la interfaz de radio. Por esto se utiliza el codificador RPE-LTP que reduce significativamente esta velocidad, manteniendo únicamente las componentes relevantes de la DAI.

CODIFICADOR POR EXCITACIÓN DE PULSOS REGULARES Y PREDICCIÓN DE PERIODO LARGO (RPE-LTP).

El codificador RPE-LTP es un codificador híbrido o paramétrico que utiliza un predictor lineal para eliminar la correlación entre tramas y que mejora la calidad de la señal con un predictor de retardo largo y una secuencia de excitación de patrones de pulsos regularmente espaciados.

El diagrama del codificador RPE-LTP se muestra en la figura 4.3. En éste se observan cuatro bloques funcionales. Estos son el preprocesamiento, análisis LPC ("Linear Prediction Coding"), filtro de predicción de retardo largo LTP ("Long Term Predictor") y cálculo RPE ("Regular Pulse Exciting"). A continuación se detalla el funcionamiento de estos bloques.



Blockdiagram of the RPE-LTP Encoder

Figura 4.3.- Diagrama de bloques del codificador RPE-LTP

PREPROCESAMIENTO ("PRE-PROCESSING").

Cada 20 ms, se toman 160 valores de muestras del ADC y se almacenan en una memoria intermedia. El primer paso es el filtrado de la señal de entrada para eliminar el offset. Esto se realiza con la siguiente expresión:

$$\text{sof}(n) = \text{so}(n) - \text{so}(n-1) + \alpha * \text{sof}(n-1)$$

$$\alpha = 32735 * 2^{-15}$$

Donde $\text{so}(n)$ es la muestra de entrada actual, $\text{so}(n-1)$ es la muestra precedente y $\text{sof}(n)$ es la muestra de salida sin offset.

A continuación se realiza otro filtrado que reduce el rango dinámico de la señal y eleva las zonas de los formantes a frecuencias altas. Este filtrado recibe el nombre de pre-énfasis de primer orden y se realiza porque el análisis LPC modela peor las amplitudes bajas de los formantes a altas frecuencias. La expresión usada es la siguiente:

$$\text{sps}(n) = \text{sof}(n) - \beta * \text{sof}(n-1)$$

$$\beta = 28180 * 2^{-15}$$

Donde $\text{sps}(n)$ es la muestra filtrada resultante y $\text{sof}(n)$ es la muestra libre de offset.

La señal resultante se divide en bloques de 160 muestras que se almacenan en un buffer y se le aplica una ventana de Hamming[5] para disminuir el efecto producido en el dominio de la frecuencia por la oscilación de Gibbs[5], causada por el truncamiento de la señal de voz fuera de la trama analizada. La ventana de Hamming tiene un efecto de estrechamiento en los bordes, mientras que no tiene efecto en la zona central. La señal resultante se obtiene de la siguiente forma:

$$s_{\text{psw}}(n) = s_{\text{ps}}(n) \cdot c_2 \cdot (0.54 - 0.46 \cos(2\pi \frac{n}{160})) \quad n=1..160$$

Donde $\text{sps}(n)$ representa la muestra n -ésima del segmento de voz después del preénfasis, $\text{spsw}(n)$ es la muestra resultante de aplicar la ventana y c_2 es una constante con valor 1.5863, que se determina imponiendo la condición de que la potencia permanezca constante. La ventana se realiza con el término del paréntesis, que toma un valor bajo para los valores de n de los extremos del intervalo y por otro lado, toma un valor alto para los valores de n del centro del intervalo.

ANÁLISIS LPC.

Para cada segmento de $L=160$ muestras se calculan nueve coeficientes de autocorrelación $R(k)$ de la siguiente forma:

$$R(k) = \sum_{n=0}^{L-1-k} s_{\text{psw}}(n) \cdot s_{\text{psw}}(n+k) \quad k = 0..8$$

A partir de los coeficientes de autocorrelación, se obtienen ocho coeficientes de reflexión k_i usando la recursión de Schur, que es equivalente al algoritmo de Durbin. El diagrama de flujo de la recursión de Schur se muestra en la figura 4.4.

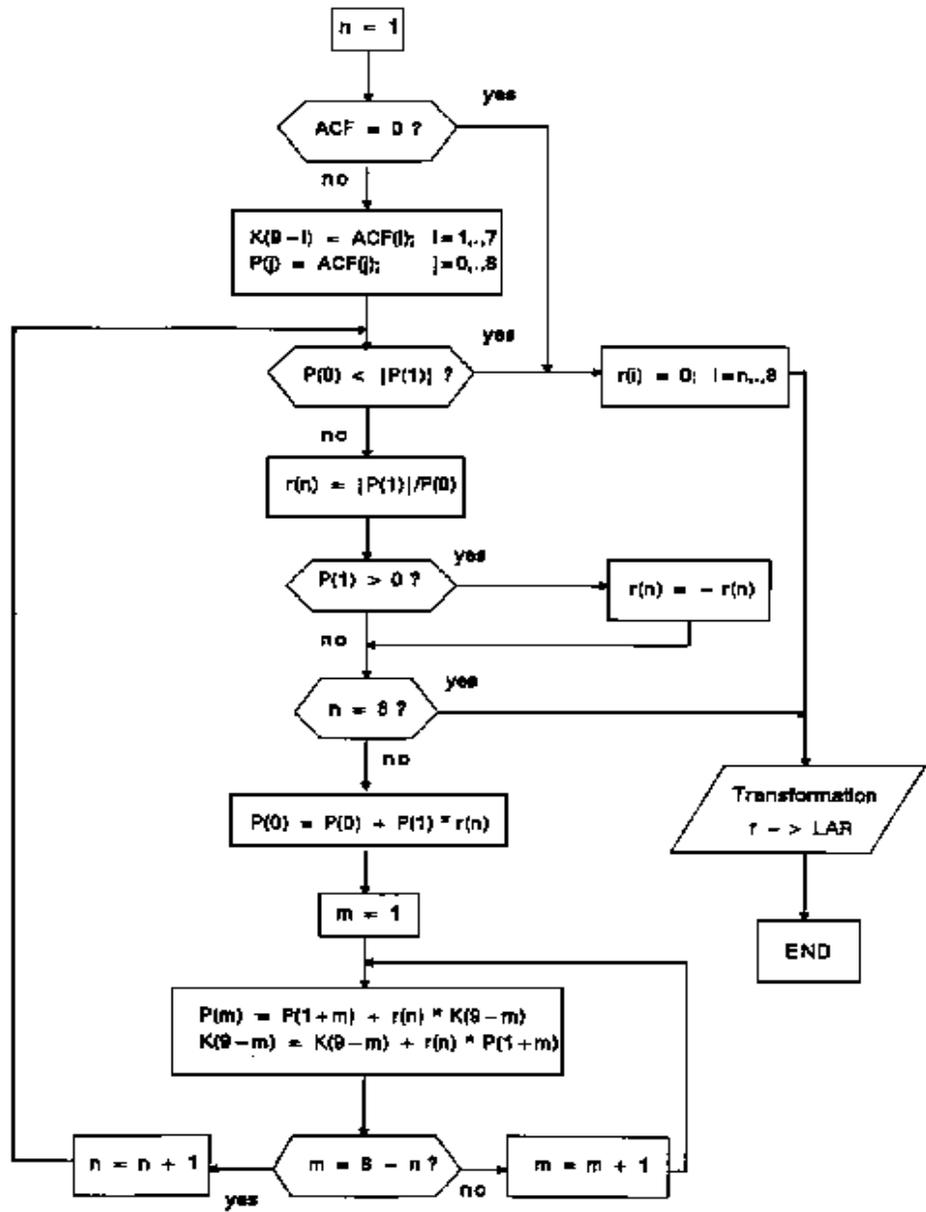


Figura 4.4.- LPC usando la recursión de Schur

Los coeficientes de reflexión se convierten en los logarithmic area ratios (LAR(i)), debido a sus mejores propiedades de cuantización. Se definen por la siguiente expresión:

$$LAR(i) = \log_{10} \left(\frac{1 + k(i)}{1 - k(i)} \right)$$

Para simplificar la implementación en tiempo real, se usa una aproximación lineal por trozos con cinco segmentos:

$$LAR'(i) = \begin{cases} k(i) & |k(i)| < 0.675 \\ \text{sign}[k(i)] \cdot [2|k(i)| - 0.675] & 0.675 < |k(i)| < 0.95 \\ \text{sign}[k(i)] \cdot [8|k(i)| - 6.375] & 0.975 < |k(i)| < 1.0 \end{cases}$$

Los parámetros LAR tienen diferentes rangos dinámicos y diferentes funciones densidad de probabilidad, por lo que se les asignan 6, 5, 4 y 3 bits respectivamente a los primer, segundo, tercero y cuarto par de coeficientes LAR. Los coeficientes LAR cuantizados LAR'(i) se decodifican localmente en el conjunto LAR''(i). Para mitigar los cambios abruptos en la envolvente de la señal de voz en los bordes de las tramas, los parámetros LAR se interpolan linealmente y en los extremos de las tramas se usa este conjunto de parámetros. A continuación se calculan los coeficientes de reflexión localmente decodificados k'(i), realizando la conversión inversa a la realizada anteriormente. Con estos coeficientes se realiza el filtrado, utilizando las siguientes expresiones, con lo que se obtiene el residuo STP rSTP(n).

$$\begin{aligned} d_0(n) &= s_{psw}(n) \\ u_0(n) &= s_{psw}(n) \\ d_i(n) &= d_{i-1}(n) + k'(i) \cdot u_{i-1}(n-1) & i = 1, \dots, 8 \\ u_i(n) &= u_{i-1}(n-1) + k'(i) \cdot d_{i-1}(n-1) & i = 1, \dots, 8 \\ r_{STP}(n) &= d_8(n) \end{aligned}$$

FILTRO DE PREDICCIÓN DE RETARDO LARGO LTP.

El error de predicción de retardo largo se minimiza por aquel retardo D, que maximiza la correlación cruzada entre el residuo actual rSTP(n) y los residuos previamente recibidos y almacenados rSTP(n-D). El proceso se realiza dividiendo las 160 muestras del residuo de retardo largo en cuatro subsegmentos de N=40 muestras, y para cada uno de estos se calcula una correlación cruzada entre el subsegmento actual y las 128 muestras de residuos STP rSTP(n) precedentes. El máximo de la correlación se encuentra para un retardo D, que con mucha probabilidad corresponde al período de pitch o a un múltiplo de éste. Entonces se puede eliminar buena parte de la redundancia si se resta el segmento altamente correlacionado multiplicado por un factor de ganancia G, que es la correlación cruzada normalizada obtenida para el retardo D. Una vez que los parámetros G y D del filtro LTP han sido calculados, se cuantizan para dar G' y D', donde G se cuantiza con sólo dos bits y D con siete.

Los parámetros LTP cuantizados (G' y D') se decodifican localmente para dar el par (G'', D'') y así producir el residuo localmente decodificado STP r'STP(n) para su uso en los siguientes subsegmentos y así almacenar la historia de la señal. El residuo rLTP(n) se calcula como la diferencia entre el residuo STP rSTP(n) y la estimación r''STP(n), que se obtiene con los parámetros localmente decodificados (G'', D'') de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} r_{LTP}(n) &= r_{STP}(n) - r''_{STP}(n) \quad n=1 \dots 40 \\ r''_{STP}(n) &= G'' \cdot r'_{STP}(n-D) \quad n=1 \dots 40 \end{aligned}$$

Donde r'STP(n-D) representa un segmento de la historia pasada almacenado en el buffer de búsqueda. Finalmente, el contenido de este buffer se actualiza usando el residuo LTP localmente decodificado r'LTP(n) y la estimación del residuo STP r''STP(n), para formar r'STP(n):

$$r'_{STP}(n) = r'_{LTP}(n) + r''_{STP}(n) \quad n=1 \dots 40$$

CÁLCULO RPE.

El residuo LTP $r_{LTP}(n)$ se pesa con un filtro fijo que es esencialmente un filtro paso baja con una frecuencia de corte de $4\text{KHz}/3=1.33 \text{ KHz}$ y así se puede realizar una decimación por un factor de 3. La señal residuo filtrada $r_{FLTTP}(n)$ se descompone en tres excitaciones candidatas, descartando la muestra número 40. Se calculan las energías E1, E2, y E3 de cada secuencia decimada, y la que presenta mayor energía se elige como representante del residuo LTP. Los pulsos de excitación son posteriormente normalizados a la máxima amplitud $v_{max}(k)$ de las 13 muestras, y son cuantizadas uniformemente con tres bits, mientras que el máximo de la amplitud se cuantiza logarítmicamente con seis bits. Como se tienen tres posibles posiciones iniciales de la secuencia decimada elegida, se necesitan dos bits para codificar la posición inicial de cada subsegmento. Esto se conoce como posición de grid. Las amplitudes de los pulsos $\beta(k,i)$, la posición de grid y los máximos de la amplitud son localmente decodificados para obtener el residuo $r'_{LTP}(n)$, donde la secuencia decimada se rellena con ceros.

En la tabla 4.1 se muestra la asignación de bits a cada parámetro y la secuencia de 260 bits de salida para un período de 20 ms, que es equivalente a la codificación de $L=160$ muestras, por lo que el bit rate de transmisión es 13 kbit/s.

Parámetro	Número de parámetro	Nombre de variable	Nombre de bit	Número Bit
1	LAR 1	6 b1 – b6		
2	LAR 2	6 b7 – b12		
PARÁMETROS 3	Log Area LAR 3	6 b13 – b17		
4	ratios LAR 4	5 b18 – b22		
DEL FILTRO 5	1-8 LAR 5	4 b23 – b26		
6	LAR 6	4 b27 – b30		
7	LAR 7	3 b31 – b33		
8	LAR 8	3 b34 – b36		
Sub-trama	nº 1			
PARÁMETROS 9	retardo LTP N1	7 b37 – b43		
LTP 10	ganancia LTP b1	2 b44 – b45		
11	posición de grid RPE M1	2 b46 – b47		
PARÁMETROS 12	amplitud de bloque Xmax1	6 b48 – b53		
RPE 13	pulso RPE nº 1 x1(0)	3 b54 – b56		
14	pulso RPE nº 2 x1(1)	3 b57 – b59		
...	...			
25	pulso RPE nº 13 x1(0)	3 b90 – b92		

Sub-trama nº 2

PARÁMETROS 26 retardo LTP N2 7 b93 – b99

LTP 27 ganancia LTP b2 2 b100 – b101

28 posición de grid RPE M1 2 b102 – b103

PARÁMETROS 29 amplitud de bloque Xmax2 6 b104 – b109

RPE 30 pulso RPE nº 1 x2(0) 3 b110 – b112

31 pulso RPE nº 2 x2(1) 3 b113 – b115

... ..

42 pulso RPE nº 13 x2(0) 3 b146 – b148

Sub-trama nº 3

PARÁMETROS 43 retardo LTP N3 7 b149 – b155

LTP 44 ganancia LTP b3 2 b156 – b157

45 posición de grid RPE M1 2 b158 – b159

PARÁMETROS 46 amplitud de bloque Xmax1 6 b160 – b165

RPE 47 pulso RPE nº 1 x3(0) 3 b166 – b168

48 pulso RPE nº 2 x3(1) 3 b169 – b171

... ..

59 pulso RPE nº 13 x3(0) 3 b202 – b204

Sub-trama nº 4

PARÁMETROS 60 retardo LTP N4 7 b205 – b211

LTP 61 ganancia LTP b4 2 b212 – b213

62 posición de grid RPE M4 2 b214 – b215

PARÁMETROS 63 amplitud de bloque Xmax4 6 b216 – b221

RPE 64 pulso RPE nº 1 x4(0) 3 b222 – b224

65 pulso RPE nº 2 x4(1) 3 b225 – b227

... ..

76 pulso RPE nº 13 x4(0) 3 b258 – b260

Tabla 4.1 Parámetros del codificador de voz y asignación de bits

A los datos procedentes de la codificación de la fuente (ver figura 4.2), se les aplica la codificación del canal. La codificación del canal añade redundancia de nuevo a la señal, pero

lo hace de forma que en el receptor se puedan eliminar ciertos errores causados por el canal de transmisión. La codificación del canal incrementa el bit rate a 22.8 kbps.

DECODIFICADOR POR EXCITACIÓN DE PULSOS REGULARES Y PREDICCIÓN DE PERIODO LARGO (RPE-LTP).

El diagrama de bloques del decodificador RPE-LTP se muestra en la figura 4.5. Este tiene una estructura inversa a la del codificador. Los bloques funcionales son decodificación RPE, síntesis del filtro LTP, síntesis del filtro STP y postprocesado.

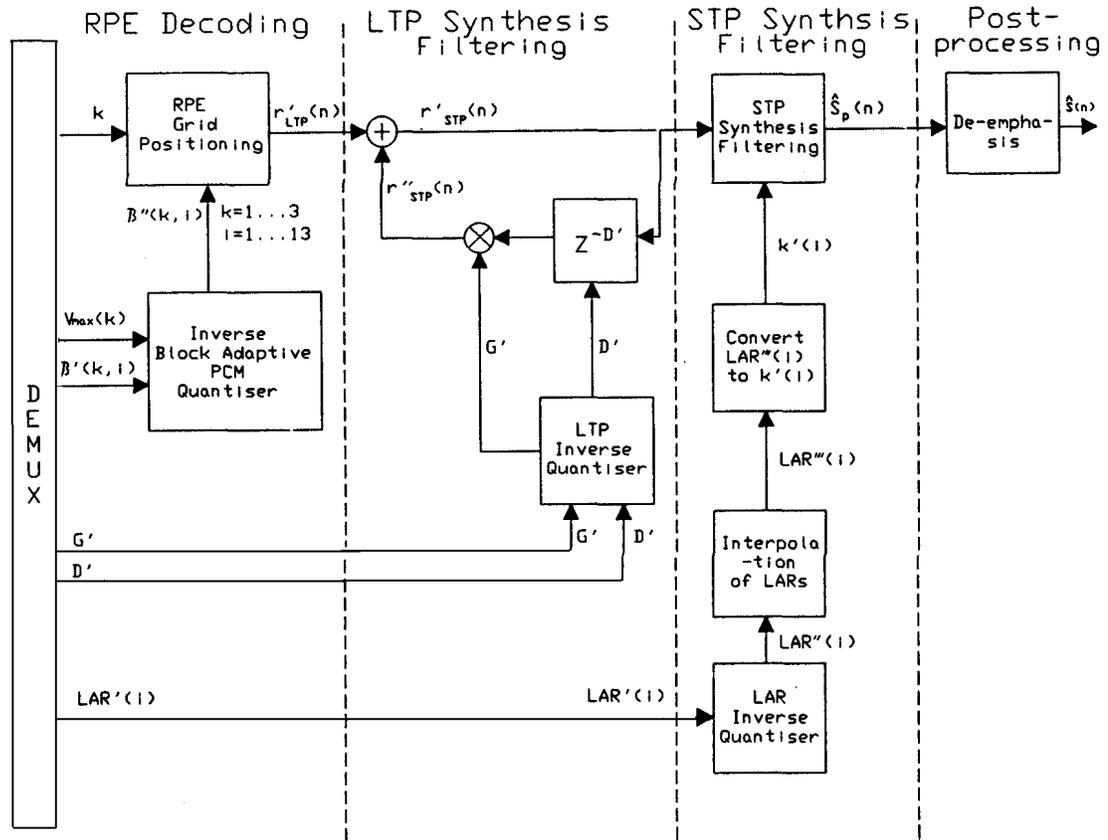


Figura 4.5.- Diagrama de bloques del decodificador RPE-LTP

DECODIFICACIÓN RPE.

En el decodificador, las amplitudes de los pulsos $\beta(k, i)$, la posición de grid y los máximos de la amplitud son localmente decodificados y se calculan las amplitudes de los pulsos actuales multiplicando su amplitud actual por la amplitud máxima del bloque. El modelo del residuo $r'LTP(n)$ se recupera colocando apropiadamente las amplitudes de los pulsos de acuerdo con el grid inicial.

SÍNTESIS DEL FILTRO LTP.

Inicialmente, los parámetros del filtro LTP (G' , D') son cuantizados inversamente para derivar los parámetros del filtro LTP. A continuación, el modelo de excitación recuperado

$r'_{LTP}(n)$ se usa para excitar el filtro y recuperar un nuevo subsegmento de longitud $N=40$ del residuo estimado STP $r'_{STP}(n)$. Para realizar esto se usa la historia del residuo STP recuperado $r'_{STP}(n)$, retardado por D' muestras y multiplicado por G' , y así se obtiene la estimación del residuo STP $r''_{STP}(n)$, de acuerdo con:

$$r''_{STP}(n) = G' r'_{STP}(n - D')$$

Y entonces $r''_{STP}(n)$ se usa para calcular el residuo del subsegmento recuperado más reciente, como sigue:

$$r'_{STP}(n) = r''_{STP}(n) + r'_{LTP}(n)$$

SÍNTESIS DEL FILTRO STP.

Los parámetros $LAR'(i)$ se decodifican usando el cuantizador inverso LAR para obtener los parámetros $LAR''(i)$, que se interpolan de nuevo en los bordes de la trama para prevenir cambios abruptos en las características de la envolvente de voz. Los parámetros interpolados se transforman en los coeficientes de reflexión y se realiza el filtrado usando las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} s_{\gamma 0}(n) &= r''_{STP}(n) \\ s_{\gamma i}(n) &= s_{\gamma(i-1)}(n) - k_{\gamma}^{(i)} v_{8-i}(n-1) & i = 1, \dots, 8 \\ v_{8-i}(n) &= v_{8-i}(n-1) + k_{\gamma}^{(i)} s_{\gamma i}(n) & i = 1, \dots, 8 \\ s'_{\gamma}(n) &= s_{\gamma 8}(n) \\ v_0(n) &= s_{\gamma 8}(n) \end{aligned}$$

Donde $r''_{STP}(n)$ es el residuo STP y $s'_{\gamma}(n)$ es la salida del filtro de síntesis. La estructura del filtro se muestra en la figura 4.6.

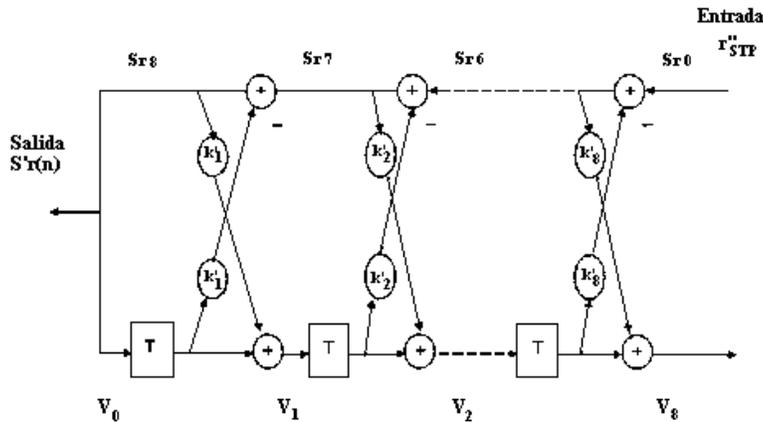


Figura 4.6.- Síntesis del filtro STP

POSTPROCESAMIENTO.

El postprocesamiento se realiza usando el filtro inverso al filtro $H(z)$ de pre-énfasis, que reducía el rango dinámico de la señal y elevaba las zonas de los formantes a frecuencias altas. Con este filtro se obtiene la señal de voz decodificada $s_{ro}(n)$, usando la siguiente expresión:

$$sro(n) = s'r(n) + \beta * sro(n-1)$$

$$\beta = 28180 * 2^{-15}$$

CAPITULO 5

DESCRIPCION DE INDICADORES DE CALIDAD.

Telcel es una empresa preocupada en proporcionar un servicio de calidad al usuario, por lo que cuenta con diversas herramientas para validar el buen funcionamiento de la red, como se menciono anteriormente el buen desempeño de la red celular no solo depende de tener una buena cobertura para el usuario, sino el ser capaz de soportar el trafico generado es decir contar con la capacidad suficiente para mantener el servicio sin problemas además de presentar la mejor calidad del servicio posible, ya que de otra manera se generaran diversos problemas entre los que destacan la congestión y la interferencia que afectaran el servicio proporcionado al usuario.

Entre las herramientas usadas por Telcel para mantener su red celular en buenas condiciones se encuentran: Recorridos constantes con equipo de medición y recolección de datos (TEMS Investigation) en las zonas con mayor tráfico para obtener muestras de los indicadores de calidad que se mencionaran posteriormente, para su inmediato análisis y en caso de encontrar fallas graves en la red tomar las medidas necesarias para solventar el problema.



Figura 5.1. Interconexión TEMS INVESTIGATION 3.0.

Existen diversas versiones de TEMS dependiendo en primera instancia de la tecnología analizada y posteriormente del uso específico al que quiera aplicarse el programa.

Adicionalmente y como complemento del monitoreo de la red existe un número telefónico en el cual el usuario puede reportar problemas percibidos en cualquier zona para su posterior verificación y análisis ubicado en el CAC (Centro de Atención al Cliente), así como un monitoreo constante con diversos programas y aplicaciones para determinar el estado de la

red, entre los que destacan WINFIOL que es una herramienta por medio de comandos que se conecta a cada BTS de un sitio celular en tiempo real, con esta aplicación se pueden verificar los parámetros instalados y en muchas ocasiones se pueden modificarlos, previa autorización de Telcel, otra aplicación que ayuda mucho para mantener el buen funcionamiento de la red celular es SMART (Sistema de Monitoreo Avanzado de Redes de Telecomunicaciones) que es un programa que de manera grafica muestra el comportamiento de cada sitio celular, esto con sus principales indicadores de calidad denominados KPI (Key Performance Indicators).

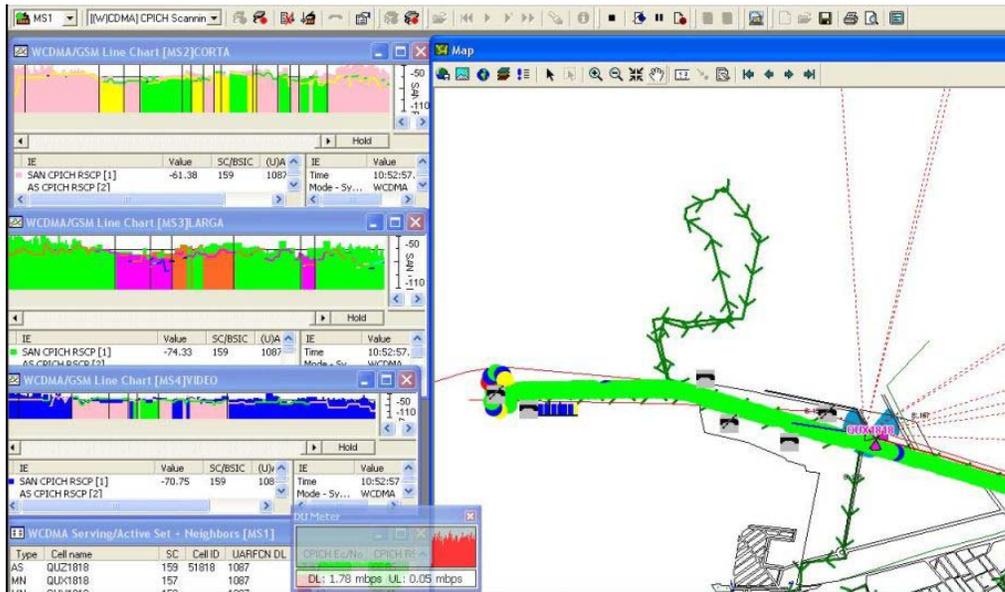


Figura 5.2. Ejemplo de recorrido con TEMS INVESTIGATION.

Para iniciar mencionaremos el concepto de tráfico que se define como el flujo de llamadas que se cursa por los dispositivos de voz (troncales y/o canales de voz) y es medido en Erlangs. Un erlang se define como un dispositivo de voz ocupado durante el periodo de medición (en Telcel este periodo es de 1 hora).

El tráfico puede ser obtenido por medio de diferentes programas de medición, e incluso por medio de otros métodos o análisis, lo importante es conocer el concepto de tráfico para así poder interpretarlo de forma correcta. Esto quiere decir que de acuerdo a distintas funciones que se tengan implementadas en el dispositivo, es cómo podemos calcular distintos tipos de tráfico, que es definido como el uso de canal en un determinado tiempo. El ejemplo más claro lo tenemos con los tráficos de Señalización, AMR y por supuesto el de VOZ. Todos estos son tráficos que se refieren a la ocupación de un canal, estos conceptos pueden ser vistos de manera grafica en la herramienta SMART que es lo que se describirá a continuación, así como algunos conceptos extras que serán necesarios para la comprensión de lo descrito en este capítulo.

Como ya mencionamos el concepto de trafico esto genera otro concepto adicional necesario para la comprensión del proceso celular denominado Capacidad que a grandes rasgos es la infraestructura necesaria para contener y mantener el trafico en una celda, Tenemos dos formas de medir la capacidad, una, la capacidad de voz, para la que usamos un Grado de servicio al 2 % (GoS 2%) y la capacidad de SDCCH es decir de señalización, las

cuales al compararse con el movimiento de tráfico, nos permiten determinar si es necesario realizar una expansión en cualquier capacidad o si esta es viable por un tiempo mas.

Otro concepto importante para comprender el funcionamiento de la herramienta SMART es: Adaptive Multirate (AMR), que es una codificación que ofrece una mejora en la calidad de voz a bajos niveles de C/I, además de incrementar la capacidad del sistema. En una llamada en progreso con AMR, los cambios de codificación dependen de las condiciones de radio (C/I). Códec Rate está basado en las mediciones reportadas entre el Móvil y la BSC.

Codec Rates
12.2 kbps
10.2 kbps
7.95 kbps
7.40 kbps
6.70 kbps
5.90 kbps
5.15 kbps
4.75 kbps

Figura 5.3 Velocidades de codificación de AMR.

Actualmente en la red de Voz GSM se tiene la funcionalidad de AMR en canales de tráfico Half y Full rate, entendiendo que en half rate se reduce la calidad de una llamada de voz, ya que en un slot se mantienen dos llamadas, y en full rate se conserva la calidad ya que solo es una llamada por slot. Esta función depende de la relación C/I que se reporta entre el Móvil y la BSC ($C/I = \text{Carrier/ Interference}$), ya que continuamente se están monitoreando los niveles de este indicador en UL como OL.

AMR da los siguientes beneficios:

- AMR nos proporciona una mejor calidad de Audio, bajo malas condiciones.
- Incrementa la capacidad al doble debido a la mejora de hacer más robusta la voz, esto hace posible asignar mas transcoder y disminuir él rehusó de frecuencias.

Los principales eventos que afectan a las estadísticas y niveles de calidad de un sitio celular son las siguientes que se describirán brevemente a continuación:

LLAMADAS CAIDAS (DROP CALLS).

Este término se refiere comúnmente que la llamada se corta sin causa aparente por parte del usuario, en su análisis esto es mucho más complicado y para cada llamada caída existe una causa que puede ser justificada de diversas maneras, en este momento y a manera de no dejar inconcluso este tema mencionaremos que una llamada caída puede darse en primera instancia durante el proceso de señalización, es decir cuando aun no se ha asignado un canal de trafico a la llamada, y también puede darse cuando ya se le ha asignado un canal de trafico que es en la cual nos enfocaremos principalmente, ya que este tipo de llamada caída si es percibida por el usuario.

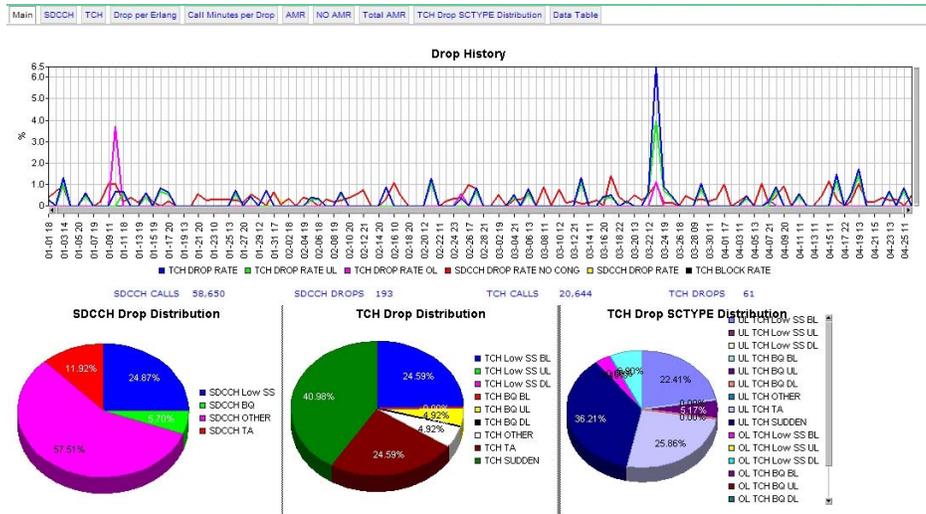


Figura XX Pantalla principal de llamadas caídas en SMART.

Como se observa en el grafico anterior, la imagen muestra de manera general las llamadas caídas que comprenden voz y señalización, pero existen diversas categorías extras que presentan varios parámetros adicionales dependiendo de las causas a analizar, como se observa en la parte superior de la imagen.

A grandes rasgos en la imagen se puede analizar el porcentaje de cada evento para determinar la causa principal de llamadas caídas y de esta manera identificar el principal problema y tomar las medidas preventivas y correctivas para resolver la falla, además de que se puede determinar si es un problema constante o solo ocasional, ya que se muestran también por día el comportamiento de los indicadores.

La imagen presentada anteriormente será la única utilizada ya que es de una herramienta privada de TELCEL, es usada a manera de ejemplo y principalmente se sigue este formato con todos los demás indicadores, existen algunas variaciones en determinados indicadores, ya que se grafica conforme el apliquen determinados parámetros.

CALIDAD DE VOZ (SPEECH QUALITY).

Otro indicador muy importante para determinar el desempeño de un sitio celular, este se refiere a la claridad con que oímos la conversación durante la llamada es decir el buen desempeño en la calidad de audio, la cual nos va a dar una idea de cómo está el nivel de SQI (Speech Quality Indicator) en los nodos, aquí también se aplica el concepto de AMR ya que es una codificación usada en este proceso, como ya se menciona anteriormente la finalidad de este algoritmo es mejorar la calidad de audio, tanto en HR como en FR, un problema muy común que sucede que afecta la buena calidad en la llamada es la interferencia, fenómeno explicado anteriormente, pero que afecta gravemente el desempeño del sitio y que tiene que ser tratado con sumo cuidado para no afectar a los sitios vecinos.

RAZON DE TRAMAS ERRONEAS (FRAME ERROR RATE).

Este indicador ayuda a interpretar las tramas erróneas del total que fueron enviadas dependiendo de la codificación usada en el proceso, así como el algoritmo usado realiza el proceso de completar la información perdida con diversos procesos y métodos dependiendo de la gravedad de la pérdida de datos y la dificultad para interpretar el mensaje con los datos existentes.

ACCESOS ALEATORIOS (RANDOM ACCESS).

Se contienen contadores para medir el desempeño de los Accesos Aleatorios, estos contadores nos proporcionan información del total de accesos aleatorios fallidos y exitosos, así como una distribución de razones del indicador, un acceso aleatorio fallido no necesariamente quiere decir que el establecimiento de una llamada sea fallida, como sabemos el MS continuamente está intentando conectarse a la red enviado varias ráfagas de Accesos Aleatorios. Un alto número de Accesos fallidos podría ser la causa de una mal planeación del BSIC ó por causa de interferencia.

A grandes rasgos estos son los principales indicadores que se toman en consideración para determinar si un sitio celular se presenta con buenos parámetros de calidad, ya que el usuario es lo mas importante, actualmente se esta trabajando con el inicio de una red de tercera generación (UMTS) que vendrá a complementarse con la red GSM, que a su vez se divide en México en GSM 850 y GSM 1900, se dice que se complementaran ya que la red UMTS tendrá prioridad para dar servicio al publico usuario, pero al llegar a zonas sin cobertura se hará un handover entre tecnologías es decir que UMTS pasara la llamada a GSM.

La división de GSM 850 y GSM 1900 solo tiene que ver con la banda en que operan, como es sabido si se usa una banda mas baja, se tiene una mayor cobertura debido que la longitud de onda es mayor, esto también tiene que ver con la penetración de cada banda, ya que esto ayuda en la cobertura indoor, por lo que entonces la cobertura proporcionado por Telcel y la calidad de las llamadas estarán en un buen grado de calidad.

GLOSARIO

Acceso:

Suministro de conexión a la red por parte de un operador a un usuario final con fines de prestación de servicios de comunicaciones electrónicas. Desde el punto de vista regulatorio, este término se refiere al suministro, según unas condiciones definidas, de recursos o servicios de un operador a un tercer operador para que este último pueda prestar a su vez servicios de comunicaciones electrónicas. Comprende, entre otros, la conexión a distintos niveles de red, como el bucle local, tanto fija como móvil; el uso de recursos asociados de red y/o servicios; la utilización de infraestructuras físicas, como edificios, conductos y mástiles; la conexión o uso de sistemas de apoyo operativos; el acceso a los sistemas de acceso condicional para servicios de televisión digital; y el acceso a sistemas de conversión de número de llamada o a servicios de red privada virtual.

ADSL:

Asymmetric Digital Subscriber Line. Tecnología que permite la transmisión de datos a velocidades elevadas sobre el par de cobre. El ADSL es una tecnología asimétrica, es decir, la velocidad de bajada es superior a la de subida.

ADSL2+:

Evolución de la tecnología ADSL. ADSL2+ hace uso de un mayor ancho de banda, lo que permite aumentar la velocidad de transmisión y, por lo tanto, acceder a servicios multimedia (juegos, vídeo, televisión).

ATM:

Asynchronous Transfer Mode. Tecnología de transmisión en la cual los datos, voz y vídeo se encapsulan en paquetes de tamaño fijo. Incorpora mecanismos de calidad de servicio para poder dar un tratamiento distinto en cuanto a velocidad o retardo, entre otros, a los paquetes de datos, voz y vídeo. La posibilidad de integración eficiente de todo tipo de tráfico convierte a ATM en una opción válida para prestar servicios multimedia de banda ancha.

AuC:

Authentication Centre. Elemento de red que contiene los parámetros necesarios para llevar a cabo la autenticación de un usuario en una red de telefonía móvil GSM/UMTS.

Banda ancha:

Nombre con el que se definen genéricamente los servicios de comunicaciones electrónicas a alta velocidad. Los servicios de banda ancha comprenden distintas soluciones tecnológicas dotadas de características específicas entre las que cabe destacar la conexión permanente, mecanismos de tarifa plana y accesos dotados de una elevada velocidad de transmisión de datos, suficiente para soportar distintos servicios que no pueden ser prestados a través de las tradicionales soluciones de acceso, a las que genéricamente se han bautizado como de banda estrecha.

Bluetooth:

Tecnología de acceso inalámbrico para la transmisión de datos entre dispositivos con alcances teóricos de hasta 100 metros. La versión 2.0 del estándar permite alcanzar velocidades de transmisión de hasta 2,1 Mbps.

BSC:

Base Station Controller. Elemento de una red de telefonía móvil GSM que se encarga de la gestión de varias BTS en lo relativo a los recursos de radio: asignación y liberación de las frecuencias. También puede realizar ciertas funciones de conmutación.

BTS:

Base Station Transceiver. Elemento de una red de telefonía móvil GSM que incorpora los dispositivos de transmisión y recepción por radio.

Cablemódem:

Dispositivo que permite a los usuarios la conexión a las redes de cable para la transmisión de datos y la conexión a Internet a alta velocidad.

Frame relay:

Tecnología de transmisión de datos orientada a conexión y con técnicas de calidad de servicio. Puede ser el soporte adecuado para comunicaciones empresariales que requieran gran tráfico de datos puntuales entre ubicaciones múltiples y distantes.

GPRS:

General Packet Radio Service. Evolución de la red de telefonía móvil celular GSM, que permite la transmisión de datos mediante conmutación de paquetes. Alcanza velocidades de transmisión teóricas de hasta 170 Kbps. Es una tecnología de transición entre los sistemas GSM y UMTS. También es conocida como tecnología móvil 2,5G.

GSM:

Global System for Mobile Communications. Sistema de telefonía móvil de segunda generación que opera en tres bandas de frecuencias, según las reglamentaciones locales: 900 MHz, 1800 MHz y 1900 MHz, ésta última adaptada al continente americano. Hace uso de la tecnología digital en la red de acceso. Esta tecnología permite, en comparación con la analógica, una mayor calidad de servicio y un mayor número de facilidades, como transmisión de fax y datos a 9.600 bps, agenda electrónica, control de consumo, servicio de mensajes SMS (Short Message Service) y de correo electrónico, servicios de ocultación de número llamante, de restricción de llamadas, servicio de itinerancia y terminación (roaming), etc.

HFC:

Hybrid fibre-coaxial. Red de acceso de banda ancha que se compone de un tramo de fibra óptica hasta un punto y de un tramo de cable coaxial desde este punto hasta las instalaciones de los abonados.

HLR:

Home Location Register. Elemento de una red de telefonía móvil GSM/UMTS, que consiste en una base de datos en donde están inscritos todos los clientes de un operador y que se utiliza para la gestión de los mismos. Contiene toda la información administrativa de cada abonado, junto con los datos de localización del mismo.

Hotspot Wi-fi:

Zona de cobertura Wi-fi en el que uno o varios puntos de acceso proveen servicios de acceso a la red.

HSDPA:

High Speed Downlink Packet Access. Tecnología de transmisión de datos, considerada como el paso previo a la cuarta generación (4G) de telefonía móvil.

La utilización de modulaciones y codificaciones más eficientes hace que se puedan alcanzar velocidades de transmisión en el enlace descendente de hasta 14 Mbps.

Se considera como la evolución natural de la tercera generación (3G) de la telefonía móvil (UMTS).

Interconexión:

Conexión física y lógica de las redes públicas de comunicaciones utilizadas por un mismo operador o por otro distinto, de manera que los usuarios de un operador puedan comunicarse con los usuarios del mismo operador o de otro distinto, o acceder a los servicios prestados por otro operador. Los servicios pueden ser prestados por las partes interesadas o por terceros que tengan acceso a la red. La interconexión constituye un tipo particular de acceso entre operadores de redes públicas.

Internet:

Red integrada por múltiples redes de ordenadores que usan como soporte para la comunicación las redes de telecomunicaciones públicas y privadas de los países donde se encuentran y que utilizan un protocolo específico de comunicación denominado TCP/IP.

Líneas dedicadas:

Modalidad de acceso al servicio de transmisión de datos a través de las cuales se ofrece al usuario una capacidad de transmisión extremo a extremo. Una línea de este tipo puede soportar virtualmente cualquier protocolo si se dispone de los equipos terminales adecuados.

LMDS:

Local Multipoint Distribution System. Tecnología de acceso inalámbrico punto a multipunto. Permite ofrecer servicios de telefonía y banda ancha con coberturas de algunas decenas de kilómetros. En España se presta en las bandas de 3,5 GHz y de 26 GHz.

MMDS:

Multichannel Multipoint Distribution System. Tecnología de acceso inalámbrico punto a multipunto. Está diseñada para la distribución de televisión en las bandas de 2,5 a 2,7 GHz. También tiene aplicaciones en telefonía, fax y transmisión de datos en general. Se suele utilizar en áreas rurales poco pobladas.

MMS:

Multimedia Message Service. Servicio disponible en los sistemas de telefonía móvil que permite la transmisión en un mensaje de contenidos de texto, vídeo y audio. Los mensajes

multimedia sólo se pueden enviar y recibir con terminales móviles que admitan este tipo de mensajería.

MSC:

Mobile Switching Center. Centro de conmutación de llamadas de una red de telefonía móvil GSM/UMTS, responsable del establecimiento, encaminamiento y terminación de cualquier llamada, control de los servicios suplementarios y del traspaso de llamadas entre celdas o handover, así como la recogida de información necesaria para tarificación. También actúa de interfaz entre la red GSM y cualquier otra red pública o privada de telefonía o datos.

NGN:

Next Generation Network. Es un modelo de arquitectura de redes de referencia que debe permitir desarrollar la gama de servicios IP multimedia de nueva generación (comunicaciones de VoIP, videocomunicación, mensajerías integradas multimedia, integración con servicios IPTV, etc...) así como la evolución, migración en términos de sustitución o emulación de los actuales servicios de telecomunicación.

Par de cobre:

Medio de transmisión que está compuesto por dos hilos de cobre.

RDSI:

Red Digital de Servicios Integrados. Servicio de telecomunicaciones fijas que utiliza la tecnología digital en la red de acceso. La línea RDSI ofrece una velocidad de transmisión superior a la convencional. Puede ser un acceso básico (2 canales de 64 Kbps) o un acceso primario (30 canales de 64 Kbps), siendo en ambos casos los canales aptos para voz y datos.

Red de comunicaciones electrónicas:

Conjunto formado por los sistemas de transmisión y, cuando proceda, los equipos de conmutación o encaminamiento y demás recursos que permiten el transporte de señales mediante cables, ondas hertzianas, medios ópticos u otros medios electromagnéticos con inclusión de las redes de satélites, redes terrestres fijas (de conmutación de circuitos y de paquetes) y móviles, sistemas de tendido eléctrico, en la medida que se utilicen para la transmisión de señales, redes utilizadas para la radiodifusión sonora y televisiva y redes de televisión por cable, con independencia del tipo de información transportada.

Red inteligente:

Tipo de red de telecomunicaciones cuya flexibilidad facilita la introducción de nuevos servicios y facilidades. Es posible gracias a la incorporación de aplicaciones informáticas sobre nodos conectados a la infraestructura de la red de conmutación telefónica.

Red telefónica pública:

Red de comunicación electrónica utilizada para la prestación de servicios telefónicos disponibles al público. Sirve de soporte a la transferencia, entre puntos de terminación de la red, de comunicaciones vocales, así como de otros tipos de comunicaciones, como el fax y la transmisión de datos.

RTB:

Red Telefónica Básica. Red constituida por todos los medios de transmisión y conmutación necesarios que permiten enlazar a voluntad dos equipos terminales mediante un circuito físico que se establece específicamente para la comunicación y que desaparece una vez que se ha completado la misma. Se trata por tanto, de una red de conmutación de circuitos.

SMS:

Short Message System. Servicio, conocido popularmente como mensajes cortos, ofrecido en las redes actuales de telefonía móvil. Dentro de la variedad de SMS están los mensajes premium, de coste más elevado en los cuales el usuario, mediante el envío de un mensaje corto a un número de cuatro cifras, puede obtener servicios adicionales, como por ejemplo participar en concursos televisivos y descargar melodías (tonos) e imágenes en su móvil.

TCP/IP:

Transmission Control Protocol/Internet Protocol. Son dos protocolos de transmisión de datos concebidos de forma específica para permitir la comunicación, de forma extremadamente simple, entre redes de muy diversas características. TCP/IP se ha considerado como el lenguaje universal entre redes informáticas y de comunicaciones, y como el sistema sobre el que se ha creado Internet. Las peculiaridades de su diseño, así como su simplicidad, han generalizado su uso tanto en redes públicas como en redes privadas, dando soporte a una multiplicidad de servicios.

Teléfono de uso público:

Equipo de telefonía vocal que está situado en una ubicación física concreta (aeropuerto, restaurante, estación o vía pública, entre otras), sometido a la supervisión de su titular en régimen de propiedad, arrendamiento o similar, y que permite al público en general acceder al servicio telefónico fijo.

Transmisión de datos:

Consiste en el transporte de información, distinta de voz, entre puntos distantes. Incluye servicios de datos como X.25, frame relay, ATM o IP. La transmisión puede realizarse, a su vez, sobre distintos tipos de redes, como son las líneas RDSI, circuitos alquilados, las redes VSAT (Very Small Aperture Terminal) o incluso la Red Telefónica Conmutada.

UMTS:

Universal Mobile Telecommunications System. Sistema de telefonía móvil celular de banda ancha estandarizado por el ETSI (European Telecommunications Standard Institute), perteneciente a la norma IMT-2000 de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y conocido como telefonía móvil de tercera generación (3G). La principal diferencia con el sistema GSM está en la interfaz radio. UMTS utiliza un sistema de acceso múltiple por división en el código (W-CDMA) y las bandas de frecuencias de 1,9 GHz y 2,1 GHz. La máxima velocidad de transmisión de datos es de 2 Mbps.

Usuario:

Persona física o jurídica que utiliza un servicio de comunicaciones electrónicas disponibles para el público.

VLR:

Visitors Location Register. Elemento de red que contiene información sobre el estado de todos los usuarios en una red de telefonía móvil GSM/UMTS, y que en un momento dado están registrados dentro de su zona de influencia. Esta información ha sido requerida y obtenida a partir de los datos contenidos en el HLR del que depende el usuario.

VoIP:

Voice over Internet Protocol. Tecnología que permite que la señal de voz se transmita a través de Internet empleando un protocolo IP (Internet Protocol), por lo que la voz se envía digitalizada a través de redes de conmutación de paquetes, en lugar de enviarla por redes de conmutación de circuitos como se hace en una red telefónica pública. También se conoce como Voz sobre IP o Telefonía IP.

WAP:

Wireless Application Protocol. Protocolo de acceso a Internet desde terminales inalámbricos digitales.

Wi-fi:

Wireless Fidelity. Tecnología de acceso inalámbrico basada en la familia de estándares 802.11 del IEEE. Las velocidades de acceso pueden llegar hasta 11 Mbps ó 54 Mbps, dependiendo del estándar, y el alcance máximo es de algunos centenares de metros. El punto de acceso estará conectado a una red de datos (como Internet) mediante otra solución de acceso (satélite, ADSL, cable, LMDS...) que proporcionará la conexión a la red de datos que compartirán los usuarios.

WiMAX:

Worldwide Interoperability for Microwave Access. Tecnología de acceso inalámbrico basada en el estándar 802.16 del IEEE. Permite la prestación de servicios de banda ancha inalámbrica con velocidades de hasta 134 Mbps y alcances de varias decenas de kilómetros.

X.25:

Servicio de transmisión de datos mediante la conexión entre terminales con la red de conmutación de paquetes. Es un servicio punto a punto y orientado a conexión.

xDSL:

Digital Subscriber Line. Término que designa un conjunto de tecnologías desplegadas sobre pares de cobre de abonado para proporcionar servicios de banda ancha, como, por ejemplo, ADSL, HDSL, SDSL o VDSL. Cada tecnología xDSL se diferencia por sus características técnicas, como el tipo de modulación utilizada y la banda de frecuencias ocupada.

CONCLUSIONES

Las exigencias del mundo globalizado requieren que hoy en día el desarrollo de tecnología se de en una forma que permita la comunicación a grandes distancias en el menor tiempo posible, esto obliga a que los sistemas tecnológicos se concentren en el desarrollo de sistemas que permitan un crecimiento acelerado y que permita realizarlo acorde a las necesidades globales.

El desarrollo de la tecnología esta determinado en gran medida conforme a los requerimientos establecidos por los usuarios, los cuales demandan una movilidad alta con una calidad constante y al menor costo, demandando con esto un alto rendimiento tecnológico de manera simultanea a una alta eficiencia económica, a lo largo de este trabajo se ha explicado como este conjunto de factores han determinado el surgimiento de la tecnología GSM, la cual cubre la mayoría de estas necesidades, por esta razón el territorio mexicano se encuentra cubierto en su mayor parte por este tipo de tecnología.

A lo largo de este reporte se logro dar nociones generales de los sistemas celulares para facilitar con esto la comprensión de la tecnología GSM, a su vez se explico el funcionamiento de la misma, se complemento con las aportaciones practicas obtenidas durante nuestro profesional.

Mediante la realización de este trabajo fue posible profundizar en los conocimientos teóricos y prácticos entorno a la telefonía celular, las reflexiones que se obtuvieron pueden resumirse de la manera siguiente: primero es de suma importancia brindar un servicio de calidad a los usuarios, segundo es trascendente desarrollar sistemas tecnológicos a una velocidad mayor y con una clara visión a futuro en pro de las telecomunicaciones ya que de otra manera el mercado nacional quedara fuera de competencia con las demandas del mercado global.

Los objetivos planteados al inicio de este proyecto, han sido satisfactoriamente cumplidos.

BIBLIOGRAFÍA.

Comunicaciones Inalámbricas

David Roldan

Editorial Alfaomega

Sistemas Inalámbricos de Comunicación Personal

David Muñoz Rodríguez

Editorial Alfaomega

Telecomunicaciones Móviles

Eugenio Rey

Editorial Alfaomega

Fundamentos de Ingeniería Telefónica

Enrique Herrera Pérez

Editorial Limusa

Introducción a los Sistemas de Comunicación

F. G Stremmler

Adisson Wesley Longman

Sistemas de Comunicaciones Electrónicas

Wayne Tomasi

Pearson Educación

Instructivo en Tramites en Materia de Concesiones de Radiodifusión

Manual

Secretaria de Comunicaciones y Transportes

Comunicaciones y Redes de Computadoras

William Stallings

Prentice Hall