



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE LA RADIO BASE PARA EL SISTEMA
DE TELEFONÍA CELULAR GSM EN MÉXICO.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO

P R E S E N T A:

VICTOR MANUEL LÓPEZ CASTILLO

Director de Tesis:
Ing. Jaime Hernández Rubí

CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO, D.F.; 2006



A Dios por darme la familia que tengo y las personas que están a mi lado.

A mis padres por apoyarme incondicionalmente como hasta la fecha lo han hecho, por su esfuerzo, su trabajo, por esas noches de desvelo que por mí han tenido, por su amor.

A mis abuelitos por ese ejemplo de trabajo y dedicación.

A Oscar por todo su tiempo y apoyo brindado desde Biper a la fecha 73,07,09.

A mis amigos de toda la vida: Delia, Nancy, Chuy, Chio, Roberto, Francisco, Ezequiel, Martha.

A mis amigos del IIMAS en especial a Blanquis

A mi asesor Ing. Jaime Hernández por su tiempo brindado para realizar este trabajo.

A mi Alma Mater la Universidad Nacional Autónoma de México por toda la formación brindada desde Iniciación Universitaria hasta la Facultad de Ingeniería.

Índice	1
Introducción	4
Capítulo 1. Antecedentes	
1.1 Historia de la telefonía celular digital GSM	6
1.2 Modulación digital	9
1.2.1 Modulación GMSK	9
1.3 Accesos múltiples para comunicaciones	14
1.3.1 FMDA	14
1.3.2 TDMA	14
1.3.3 CDMA	15
1.4 Conceptos de canal	15
1.4.1 Canal físico	16
1.4.2 Canal lógico	16
Capítulo 2. Sistema GSM	24
2.1 Arquitectura de la red GSM	25
2.1.2 Sistema de conmutación (SS)	37
2.1.3 Sistema de estación base (BSS)	51
2.2 Distribución geográfica de la red GSM	58
2.3 Introducción a AXE	61
2.3.1 Arquitectura del sistema AXE	63
2.4 Servicios Generales de paquetes de radio GPRS	79
2.4.1 Visión general del sistema GPRS	79
2.4.1.1 La estación móvil	80
2.4.2 Arquitectura del BSS para GPRS	80
2.4.3 El MSC	82
2.4.4 Nodo de soporte de servicio GPRS (SGSN)	82
2.4.5 Nodo de soporte de vía de acceso de GPRS (GGSN)	82
2.4.6 El HLR	83
2.4.7 Interfaces	83
2.4.8 casos de tráfico	84
2.4.9 Interfaz de aire de GPRS	88
2.4.10 Canales lógicos	89
Capítulo 3 Planeación de células	90
3.1 Patrones de reuso de frecuencia	94
3.1.2 Aspectos de la planeación celular de GPRS	95
3.1.3 Interferencia de intersímbolo.	95
3.2 Tráfico y dimensionamiento del canal	96
3.2.1 Utilización del canal	98
3.3 Balanceo del sistema	99
3.3.1 Potencia efectiva radiada	101
3.4 Predicciones de cobertura	101
3.4.1 Tierra conductiva llana	102
3.4.2 Difracción "filo de cuchillo"	103
3.4.3 Mediciones de campo y modelos semi-empíricos	103
3.4.4 Algoritmo 9999	105
3.4.5 Modelo urbano	105
3.5 Planeación de canal	106
3.5.1 Regiones de transición	108

3.5.2 Código de color de la red y de la estación base	108
3.6 Inspecciones y valuación	109
3.6.1 Inspección de la red de radio	109
3.6.2 Radio mediciones	111
3.7 Optimización del sistema	113
3.7.1 TEMS CELLPLANNER	113
3.7.1.1 Presentación	114
3.7.1.2 Registros para archivos	115
3.7.1.3 Prueba	115
3.7.2 Transmisión del TEMS	115
3.7.3 TEMS Ligh & Pocket	116
3.7.4 CeNA (cellular network analyzer)	116
3.7.4.1 Las unidades móviles de prueba	117
3.7.4.2 Análisis y presentación	118
3.7.5 Sistema de soporte de operaciones (OSS)	118
3.7.5.1 Administración de la red celular (CNA)	118
3.7.5.2 Interfaz de administración de red celular (CNAI)	119
3.7.5.3 Mediciones y grabaciones de la red celular	120
3.7.5.4 Aplicaciones de optimización de la red de radio	122
3.7.6 Ajuste de parámetro de célula	125
3.7.6.1 Parámetros de célula	126
3.8 Crecimiento del sistema	127
3.8.1 Método de Ericsson para incrementar la capacidad de la red "Way Forward"	127
3.8.2 División de la célula	127
3.8.3 Patrones de reuso múltiple	129
3.9 Características de la red de radio	130
3.9.1 Comportamiento de modo ocioso	130
3.9.2 Localización	136
3.9.3 Administración de canal	151
3.9.3.1 Control dinámico de potencia del MS(BTS)	153
3.9.3.2 Transmisión discontinua DTX	156
3.9.3.3 Salto de frecuencia	158
3.9.3.4 Manejo de MAIO (índice de desplazamiento de localización de móvil)	161
3.9.3.5 Handover intracelular	163
3.9.3.6 Asignación a otra célula	163
3.9.3.7 Subcélulas de sobrecapa y subcapa	164
3.9.3.8 Estructuras de célula jerárquicas	165
3.9.3.9 Asignación inmediata sobre un canal de tráfico	166
3.9.3.10 Lista de asignación de BCCH doble	168
3.9.3.11 Mediciones de canal ocioso	168
3.9.3.12 Compartimiento de carga de célula	170
3.9.3.13 Asignación de canal diferenciado	171
3.9.3.14 Configuración adaptable de canales lógicos	172
3.9.3.15 Precedencia multinivel mejorada y servicio de prioridad (eMLPP)	173
Capítulo 4. Estación base de radio	176
4.1 Introducción a la RBS	176
4.2 Funciones de la RBS	180
4.3 Implementación de la RBS	188
4.3.1 Unidad de distribución de conmutación (DXU)	189
4.3.2 Unidades de transreceptor TRU	190
4.3.3 Unidad de distribución y combinación CDU	192

4.3.4 Unidad de control de energía ECU	199
4.3.5 Unidad de suministro de energía (PSU)	202
4.4 Terminal de operación y mantenimiento (OMT)	202
4.4.1 Uso del OMT	208
4.4.2 Configuración de la RBS	209
Capítulo 5. Montaje de la RBS	216
5.1 Procedimientos del Montaje de la RBS.	216
5.1.1 Instalación exterior	217
5.1.1.1 Guía de onda (Feeder)	217
5.1.1.2 Amplificadores montados en torre TMA ó amplificadores de bajo ruido LNA	223
Amplificadores TMA	227
5.1.1.3 Antenas	231
5.1.1.4 Conectores de guía de onda	235
5.1.1.5 Jumpers (guía de onda de ½")	236
5.1.1.6 Aterrizajes	242
5.1.2 Instalación interior	242
5.1.2.1 Gabinete	250
5.1.2.2 Duplexores	251
5.1.2.3 Conectores feeder-jumper	251
5.1.2.4 Guía de onda de ½	251
Capítulo 6 Pruebas de la RBS	252
6.1 Prueba del sistema de antenas de la Radio Base	252
6.1.1 Medición de distancia a la falla DTF	255
6.1.2 Medición de SWR	255
6.2 Prueba de llamadas de la Radio Base	255
Conclusiones	264
Apéndice A Muestreo, Modulación y Perdidas	266
Apéndice B Concepto de antenas	271
Apéndice C Radio base 2206	284
Apéndice D Servicios de Comunicación De Datos X.25 y Frame realy	289
Apéndice E Aplicaciones de GSM/GPRS	293
Apéndice F EDGE	304
Apéndice G Normas de acceso de radio de tercera generación	312
Referencias	324

Este es un trabajo monográfico de actualización que fue realizado con el objetivo mostrar y dar a entender la implementación de la red de telefonía celular GSM que se está implementando en México, analizando el elemento funcional básico del sistema que es la estación base de radio, así como las aplicaciones que esta red puede tener, dando como ejemplo especial aquellas basadas en la transmisión de datos. En apoyo a aquellos profesionistas y estudiantes del área de la ingeniería eléctrica, inmersos en las comunicaciones, interesados en profundizar sus conocimientos técnicos sobre la tecnología de telefonía móvil utilizada en México.

Además de la investigación bibliográfica, el trabajo se basó en la experiencia de apoyar directamente en la implementación del sistema, haciendo pruebas de funcionamiento y configuración al equipo que se encuentra en la estación base de radio.

La red de GSM en México comenzó a implementarse prácticamente en el año 2002 y aun se encuentra en su tercera etapa de implementación para el proveedor de servicio Telcel y en su primera etapa para el proveedor de servicio Telefónica Movistar quien comenzó a implementar la red al inicio del 2004.

Existen dos caminos por los cuales se puede lograr el hacer que el trabajo a realizar sea una referencia tan completa como sea posible y están son: la investigación totalmente teórica, esto es la investigación bibliográfica y recopilación de la información de artículos tanto de revistas como en la red de lo que es el sistema GSM/GPRS; y la segunda es el trabajar directamente en lo que es la implementación de la red en México, es decir, hacer el montaje, pruebas e integración de las radio bases.

De los procedimientos anteriores se hizo una combinación de ellos, con lo cual se garantiza un proyecto totalmente completo, es decir, habrá todo un fundamento teórico de lo que es el sistema, así como el conocimiento técnico de éste.

Teniendo de esta manera una formación teórica del tema, entonces se comenzará con lo referente al campo práctico, participando en más de 50 proyectos de montaje y pruebas de las Radio Bases que se están empleando en la implementación de la red GSM de México.

El trabajo comienza mostrando una breve historia del sistema GSM a nivel mundial donde se explica cómo surge el sistema en respuesta a un problema de estandarización, así como la evolución que este ha tenido. Dentro del mismo capítulo se incluye las bases teóricas sobre el tipo de modulación que se utiliza en el sistema, el método de acceso digital a los recursos de radio, y los tipos de canales que se utilizan en la comunicación.

El segundo capítulo trata de la descripción del sistema GSM, se muestra el sistema GSM que Ericsson comercializa a nivel mundial, que es el que está implementado en las dos compañías proveedoras de servicio en México, dentro de la descripción se encuentra cada uno de los nodos que conforman las características del funcionamiento de la red. Dentro de este mismo capítulo se explica las características de la tecnología de conmutación que sirve de plataforma para los nodos de la red. Al final de este capítulo se muestran los nodos adicionales para la red de transmisión de datos GPRS.

El tercer capítulo trata sobre la planeación los sitios celulares en la red, así como las herramientas tecnológicas que se utilizan durante ésta. Se explican los principales aspectos tomados en cuenta durante la planeación, como son la interferencia, tipo de terreno, entre otros.

El cuarto capítulo trata sobre la estación base de radio, cómo están conformadas estas y que función juegan cada una de las partes que la conforman. Se explica el papel de la estación base de radio en la red móvil. Se muestra en este capítulo como es que se configura una estación base de radio, según los requerimientos en la planeación de las células, así como los programas de ordenador que se utilizan para dar esta configuración. La tecnología que se documenta en este

capítulo es la más actual en México y la que se está utilizando en todos los sitios celulares del proveedor Telcel y Telefónica.

El quinto capítulo trata las cuestiones de la instalación y montaje de la estación base de radio, el cómo se colocan cada uno de los componentes de lo que se será el sitio celular, es decir, se darán especificaciones de instalación utilizadas en México, ya que en cada país y para cada proveedor de servicio las instalaciones varían; en México las instalaciones entre Telcel y Telefónica puede decirse que prácticamente no tienen variaciones.

El sexto capítulo trata sobre las pruebas que se realizan al equipo de radio de la estación base, para que éste quede con las configuraciones requeridas. Se habla de las pruebas que se hacen una vez totalmente instalado el sitio, para que este sea ya integrado a la red celular.

Se incluyeron al final anexos de información teórica y técnica que ayudaran a la comprensión de algunas partes del trabajo total, así las propuestas que sugieren para las aplicaciones de transmisión de datos.

1.1 Historia de la telefonía digital GSM.

Desde el principio de los años 1980's, después de que el NMT ("Nordic Mobile Telephone"), sistema de telefonía móvil analógico de cobertura escandinava, funcionara con éxito, fue obvio para varios países europeos que los sistemas analógicos existentes, tenían limitaciones. Primero la demanda potencial de servicios móviles fue mayor de la capacidad esperada de las existentes redes analógicas. Segundo, las diferentes formas de operación no ofrecían compatibilidad para los usuarios de móviles: un terminal TACS (servicio de telefonía móvil analógico puesto en funcionamiento en el Reino Unido en 1985) no podía acceder dentro de una red NMT, y viceversa. Además, el diseño de un nuevo sistema de telefonía celular requiere tal cantidad de investigación que ningún país europeo podía afrontarlo de forma individual. Todas estas circunstancias apuntaron hacia el diseño de un nuevo sistema, hecho en común entre varios países.

El principal requisito previo para un sistema de radio común, es el ancho de banda de radio. Esta condición había sido ya prevista unos pocos años antes, en 1978, cuando se decidió reservar la banda de frecuencia de 900 ± 25 MHz para comunicaciones móviles en Europa.

Este problema fue el mayor obstáculo solucionado. Quedaba organizar el trabajo. El mundo de las telecomunicaciones en Europa siempre había estado regido por la estandarización. El CEPT ("Conférence Européenne des Postes et Télécommunications") es una organización para la estandarización presente en más de 20 países europeos. Todos estos factores llevaron a la creación en 1982 de un nuevo cuerpo de estandarización dentro del CEPT cuya tarea era especificar un único sistema de radiocomunicaciones para Europa a 900 MHz. El recién formado "Groupe Spécial Mobile" (GSM) tuvo su primer encuentro en Diciembre de 1982 en Estocolmo bajo la presidencia de Thomas Haug de la administración sueca. Treinta y una personas de once países estuvieron presentes en este primer encuentro. En 1990, por requerimiento del Reino Unido, se añadió al grupo de estandarización la especificación de una versión de GSM a la banda de frecuencia de 1800 ± 75 MHz. A esta variante se le llamó DCS1800 ("Digital Cellular System 1800"). El significado actual de las siglas GSM se ha cambiado y en la actualidad se hacen corresponder con "Global System for Mobile communications".

La elaboración del estándar GSM llevó casi una década. Las principales metas alcanzadas a lo largo de la década de los 90's son las siguientes:

- 1982 Se crea el "Grupo Especial Móvil" dentro del CEPT.
- 1986 Se crea un Núcleo Permanente.
- 1987 Se escogen las principales técnicas de transmisión de radio basadas en la evaluación de un prototipo.
- 1989 GSM se convierte en un comité técnico del ETSI.
- 1990 La fase 1 de las especificaciones del GSM900 se finalizan Se comienza con el estándar DCS1800.
- 1991 Comienzan a funcionar los primeros sistemas (Telecom 91 de exhibición).
- 1992 La mayoría de los operadores europeos de GSM900 comienzan las operaciones comerciales.

Decisiones Técnicas.

Algunos de los propósitos del sistema estaban claros desde el principio, uno de ellos era que el sistema debía permitir la libre circulación de los abonados en Europa ("roaming"). Prácticamente hablando, esto significa que un abonado de una determinada red nacional pueda acceder a todos los servicios cuando viaja entre varios países. La propia estación móvil GSM debe permitir al usuario el llamar o ser llamado donde quiera que se encuentre dentro del área internacional de cobertura.

Estaba claro también que la capacidad ofrecida por el sistema debería ser mejor que las existentes redes analógicas.

En 1982, los requerimientos básicos para GSM, estaban establecidos. Estos fueron revisados ligeramente en 1985, quedando establecidos principalmente como siguen:

Los servicios serían los siguientes:

- El sistema será diseñado de forma que las estaciones móviles se puedan usar en todos los países participantes.
- El sistema debe permitir una máxima flexibilidad para otros tipos de servicios, por ejemplo, los servicios relacionados con la RDSI (Red Digital de Servicios Integrados).
- Los servicios ofrecidos en las redes PSTN ("Public Switching Telephone Network") e ISDN ("Integrated Services Digital Network"), así como otras redes públicas deben ser posibles, en la medida de las posibilidades, en el sistema móvil.
- Debe ser posible la utilización de las estaciones móviles pertenecientes al sistema a bordo de barcos, como extensión del servicio móvil terrestre. Se debe prohibir el uso aeronáutico de las estaciones móviles GSM.
- En lo referente a las estaciones, a parte de las montadas en vehículos, el sistema debe ser capaz de suministrar estaciones de mano así como otras categorías de estaciones móviles.

La calidad de los servicios y seguridad:

Desde el punto de vista del abonado, la calidad de voz vía telefónica en el sistema GSM debe ser al menos tan buena como la que tenía la primera generación de sistemas analógicos a 900 MHz. El sistema debe ser capaz de ofrecer encriptación de la información del usuario pero debe permitir la posibilidad de que esto no influya en el costo del servicio.

Utilización de la radio frecuencia:

- El sistema permitirá un gran nivel de eficiencia espectral así como la posibilidad de servicios para el abonado a un costo razonable, teniendo en cuenta tanto las áreas urbanas como rurales y el desarrollo de nuevos servicios.
- El sistema permitirá la operación en el rango de frecuencias comprendido entre los 890-915 MHz y entre los 935-960 MHz.
- El nuevo sistema de 900 MHz para comunicaciones móviles del CEPT, debe coexistir con los anteriores sistemas en la misma banda de frecuencias.

Aspectos de Red:

- El plan de identificación debe estar basado en la recomendación correspondiente del CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telecomunicaciones).
- La numeración estará basada en la recomendación correspondiente del CCITT.
- El diseño del sistema debe permitir diferentes estructuras de carga y velocidades para su utilización en diferentes redes.
- Para la interconexión de los centros de conmutación y los registros de localización, se usará un sistema de señalización internacionalmente estandarizado.
- No se debe requerir ninguna modificación significativa de las redes públicas fijas.
- El sistema GSM debe habilitar la implementación de la cobertura común de las redes públicas móviles terrestres ("Public Land Mobile Network" ó PLMN).
- La protección de la información y el control de la información de la red debe ser proporcionada por el sistema.

Aspectos de costos:

Los parámetros del sistema deben ser escogidos teniendo en cuenta un costo límite del sistema completo, principalmente el de las unidades móviles.

Concebida Digital.

Desde el principio quedó claro, de forma extraoficial, que el sistema debía estar basado en una transmisión digital y que la voz debería estar representada por una cadena digital a una velocidad de 16 kbps. La decisión oficial, sin embargo, no fue tomada hasta 1987.

Desde 1984 hasta 1986, el GSM se encargó de comparar las diferentes opciones de tecnología para la transmisión (digital o analógica), en particular en sus respectivas eficiencias espectrales, es decir, cuál aprovechaba mejor el espectro de frecuencias. Se decidió comparar varias propuestas técnicas de prototipos permitidos en la transmisión de radio. En 1985 las administraciones francesas y alemanas de Correos y Telégrafos unieron sus esfuerzos para realizar cuatro estudios que condujeran a otros tantos prototipos. La prueba comparativa de ocho prototipos incluyendo estos cuatro más otros cuatro prototipos Escandinavos, se realizó en Diciembre de 1986 en los laboratorios del CNET ("Centre National d'Etudes des Télécommunications") cerca de París; bajo el control del Núcleo Permanente. Todos estos prototipos hicieron uso de la transmisión digital, y la mayoría fueron propuestos por compañías de teléfonos.

Los resultados de las comparaciones se publicaron a comienzos de 1987. Hubo grandes discusiones sobre el modelo que iba a ser escogido, debido a que podía afectar al prestigio de la empresa que lo propuso. Sólo se decidieron las características del método de transmisión. Éstas fueron las siguientes:

- Tamaño medio de la banda de transmisión (200 KHz de separación de portadoras), en comparación con los sistemas de banda estrecha (12,5 ó 25 KHz que existían en los sistemas analógicos) o con los sistemas de banda ancha (uno de los candidatos propuso una separación de portadoras de 6 MHz).
- Transmisión digital de voz a una velocidad no superior a 16 kbps.
- Multiplexación en el tiempo de orden 8, con una evolución en el futuro hacia la multiplexación de orden 16 cuando se defina un codificador de voz a la mitad de velocidad.
- Salto de frecuencias de frecuencias lento. El "hopping", consiste en cambiar la frecuencia usada por un canal a intervalos regulares de tiempo. En GSM la frecuencia de transmisión permanece constante durante la transmisión de una trama completa. Esta técnica procede de los sistemas de transmisión militares, y se decidió incluirla en las principales características de la transmisión de radio de GSM, además de utilizarla por motivos de seguridad, también para conseguir una mayor diversidad de frecuencias, y para paliar los efectos de los desvanecimientos de tipo Rayleigh.

1.2 Modulación digital.

La modulación digital es el proceso mediante el cual símbolos digitales son transformados en formas de onda que son compatibles con las características del canal. En el caso de la modulación de banda base, estas formas de onda son pulsos, pero en el caso de modulación paso-banda la señal de la información deseada modula una senoide llamada onda portadora, o simplemente portadora; para la transmisión de radio la portadora es convertida en un campo electromagnético para la propagación al destino deseado. El uso de la portadora se debe a que los campos electromagnéticos a través del espacio se realiza mediante el uso de antenas, y estas antenas, para realizar un acoplamiento eficiente de la energía electromagnética transmitida al espacio, las dimensiones de la apertura de la antena deben ser al menos tan grandes como la longitud de onda transmitida. Lo anterior quiere decir que para transmitir una señal de 3000 Hz en el espacio sin modulación con portadora necesitaríamos una antena de al menos 10^5 m. Sin embargo, si la información a ser transmitida primero es modulada con una portadora de frecuencia más alta, el tamaño de la antena disminuiría considerablemente. Por esta razón la modulación es un elemento esencial en todos los sistemas que involucran la radio transmisión[2].

1.2.1 GMSK.

La técnica de modulación usada en GSM se conoce como Gaussian Minimum Shift Keying. Este tipo de modulación es una variante de MSK (ver anexo A) con la única diferencia que la señal de banda base se pasa a través de un filtro antes de que la modulación tome lugar.

En GMSK se reemplaza el pulso con un pulso sinusoidal. Obviamente es posible usar otras formas de onda. Un filtro con respuesta a impulso de forma gaussiana genera una señal con lóbulos laterales bajos y un lóbulo principal más angosto que el pulso rectangular. Debido a que el filtro teóricamente tiene una salida antes de la entrada, puede ser aproximado sólo por una respuesta a impulso formada y retardada que tenga el tipo gaussiano. Este tipo de modulación recibe el nombre de "Gaussian Minimum Shift Keying" [1].

La relación entre el ancho de banda del filtro de premodulación B y el periodo de bit T definen el ancho de banda del sistema. Los diseñadores de GSM usan un $BT=0.3$ con una tasa de datos de canal de 270 kbs. Con los valores anteriores se garantiza una tasa de error por bit e interferencia por canal adyacente aceptable.

Hay dos métodos para generar GMSK, uno es por medio de la modulación FSK y la otra es por medio de la QPSK

La arquitectura del modulador de GMSK VCO como se muestra en la figura 1-1 es simple, pero no es recomendable la modulación coherente debido a problemas de tolerancia de componentes. Este método requiere que el factor de desviación de frecuencia del VCO sea exactamente igual a 0.5, pero la el índice de modulación de los transmisores basados en VCO fluctúan en el tiempo y la temperatura.

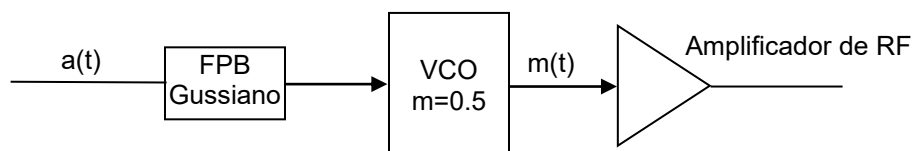


Figura 1-1 Modulador GMSK con VCO.

La implementación en el segundo emplea un proceso de cuadratura de banda base de donde se obtienen los flujos de datos I (en fase) y Q (en cuadratura), seguida por una etapa de modulación donde se multiplican por sus respectivas portadoras y se suman para obtener la señal, figura 1-2. Con esta implementación, el índice de modulación puede mantenerse exactamente en 0.5. Se detallara por medio de un ejemplo este método debido a que es el más eficiente y el que realmente se implementa.

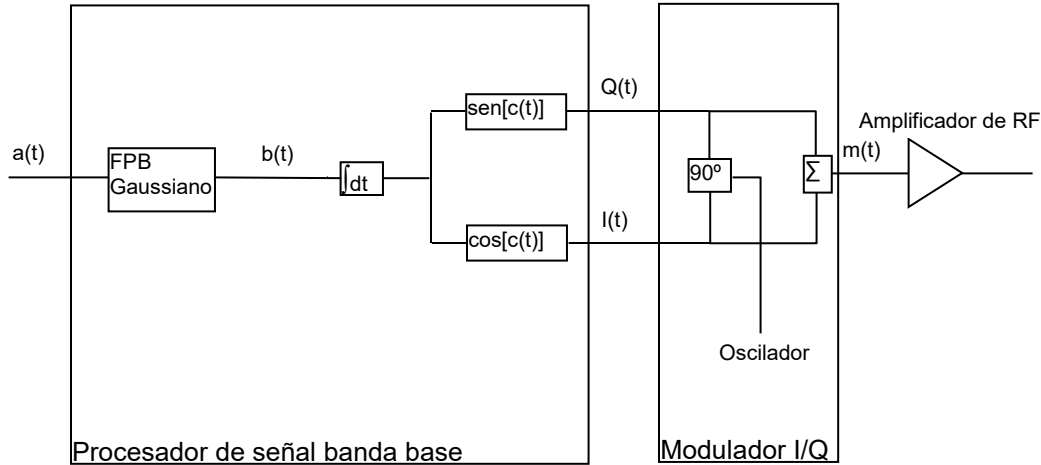


Figura 1-2 Modulador con cuadratura de banda base

El filtro pasa bajas tiene una respuesta al impulso dado por la siguiente ecuación:

$$g(t) = \frac{1}{2T} \left[Q(2\pi B_b \frac{t-T/2}{\sqrt{\ln 2}}) - Q(2\pi B_b \frac{t+T/2}{\sqrt{\ln 2}}) \right]$$

para : $0 \leq B_b T \leq \infty$

donde:

- $Q(t) = \int \frac{1}{\sqrt{2}} \exp(-t^2/2) dt$
- B_b es el ancho de banda del filtro pasa bajas utilizando un espectro de figura gaussiana.
- T es el periodo de bit
- $B_N = B_b T$ es el ancho de banda normalizado.

Para mostrar lo anterior se usará de ejemplo un filtro con un ancho de banda $B_b = 1000$ en una tasa de bit de $T = 1/2000$, es decir, un ancho de banda normalizado $B_N = B_b T = 0.5$.

La respuesta a impulso del filtro paso bajas gaussiano tiene que ser truncada y escalada, de acuerdo a el valor de B_N , para asegurar que el efecto de un uno simple pasando a través del filtro, es un cambio de fase de $\pi/2$.

Para un B_N de 0.5 la respuesta del filtro está truncada, simétricamente alrededor de cero, para dos periodos de bit, es decir desde $-T$ hasta T . La respuesta truncada del filtro está representada gráficamente en la figura 1-3.

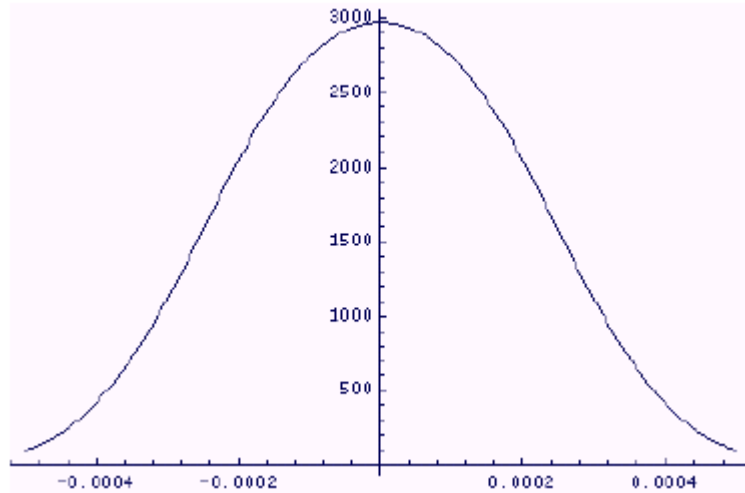


Figura 1-3 Respuesta truncada del filtro.

Asegurándose de que la respuesta del filtro a un 1 simple es un cambio de fase de $\pi/2$, es equivalente a escoger la constante que satisfaga la siguiente ecuación:

$$\int_{-T}^T Kg(t)dt = \pi / 2$$

Para mostrar la modulación, se usa la siguiente cadena de datos binarios escogidos aleatoriamente, esta cadena de datos se repite cada 12 bits.

{1,1,-1,1,1,-1,-1,1,-1,-1,-1,1,1,-1,1,1,-1,-1,1,-1,-1}

el inicio de esta cadena de datos puede representarse gráficamente como en la figura 1-4.

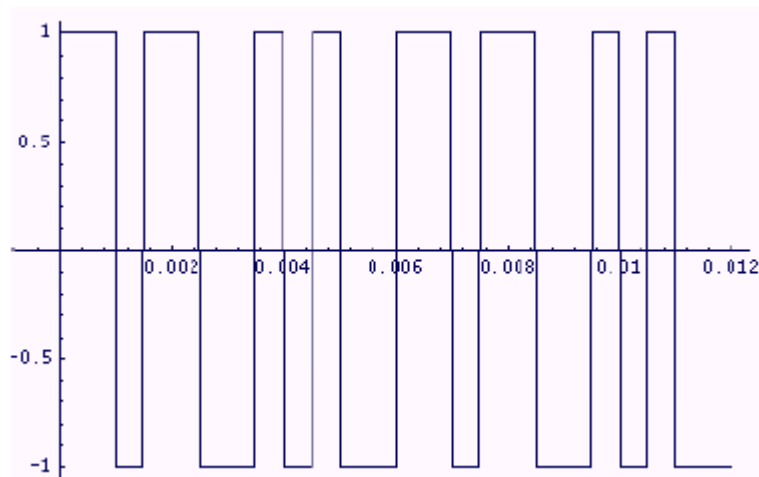


Figura 1-4 El inicio de la cadena de datos que son enviados a través del filtro

Como los datos pasan a través del filtro se forman y se introduce ISI debido a que más de un bit pasa a través del filtro en cualquier tiempo. Para $B_N=0.5$, debido a que los bits se extienden sobre dos periodos de bit, el segundo bit entra al filtro cuando apenas ha pasado la mitad del primero, y el tercero entra cuando el primero va saliendo, etc.

Los primeros pulsos de forma gaussiana se representan gráficamente en la figura 1-5:

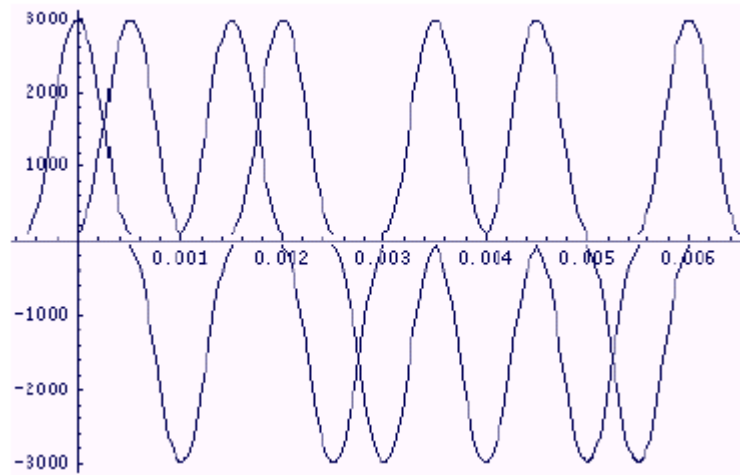


Figura 1-5 Los pulsos individuales formados representan la cadena de datos.

Los pulsos individuales son sumados para obtener una función como la que se representa gráficamente en la figura 1-6. Esta es la función denotada por $b(t)$:

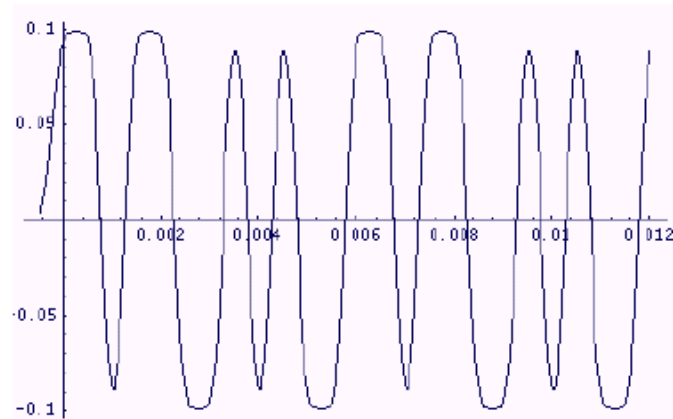


figura 1-6 Función $b(t)$.

La función $b(t)$, es integrada con respecto al tiempo desde t hasta infinito, obteniendo la función $c(t)$. Esta función $c(t)$ esta representada en la figura 1-7:

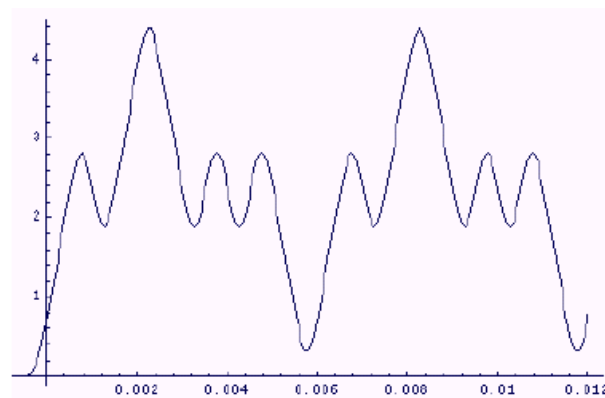


Figura 1-7 La función $c(t)$.

Una vez que se tiene la función $c(t)$, se toma las funciones coseno y seno para producir las funciones banda base Q e I. Tomando el coseno de $c(t)$ produce la señal $I(t)$ banda base. Es decir:

$$I(t) = \cos[c(t)]$$

Esta función $I(t)$ es representada gráficamente en la figura 1-8:

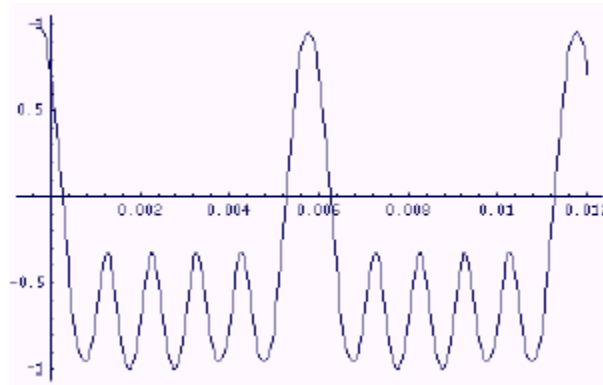


Figura 1-8 La señal banda base $I(t)$

Tomando el seno de $c(t)$ obtenemos la función banda base $Q(t)$, es decir:

$$Q(t) = \sin[c(t)]$$

La función se representa en la figura 1-9:

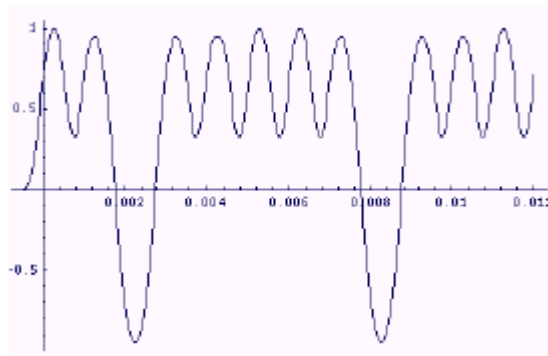


Figura 1-9 La señal banda base $Q(t)$

Estas funciones $I(t)$ y $Q(t)$ son pasadas a través de un modulador I/Q que lleva a la salida $m(t)$ se escribirse como:

$$m(t) = \sin(2\pi f_c t)I(t) + \cos(2\pi f_c t)Q(t)$$

La modulación GMSK permite la transmisión de datos sobre un ancho de banda estrecho y reduce los niveles de interferencia de manera similar a la modulación FSK. Los sistemas digitales reducen la distorsión, estática, cruce de llamadas y ruido dado que permiten la reconstrucción de las señales originales de voz. Esto ofrece una calidad de voz clara y consistente, mientras reduce el ruido y la interferencia. Esto permite de manera fácil añadir características como la transmisión de datos, y la información de voz puede ser codificada para protección contra espionaje.

Existe actualmente otra tecnología para la transmisión de datos llamada EGPRS, que es el GPRS mejorado con la tecnología EDGE que utiliza una modulación 8-PSK (ver anexo B)

1.3 Métodos de acceso múltiple para comunicaciones.

La utilización de la capacidad de un medio de transmisión puede ser mejorada a través de diferentes métodos que envuelven la transmisión de varias conexión simultáneamente de modo múltiple. El multiplexaje es una técnica que permite el múltiple uso de la capacidad de transmisión de un medio. En los sistemas de radio se utilizan las siguientes técnicas.

- Multiplexaje de división de frecuencias (FDM)
- Multiplexaje de división de tiempo (TDM)
- Multiplexaje de división de código (CDM)
- Multiplexaje por división de espacio (SDM)

Además de estos métodos de multiplexaje, los cuales facilitan el uso múltiple de la capacidad de un medio de transmisión por muchos canales de transmisión, hay técnicas de acceso para los canales de frecuencia, tiempo, código y espacio., cuyas abreviaturas son:

- Acceso múltiple por división de frecuencias (FDMA)
- Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA)
- Acceso múltiple por división de código (CDMA)
- Acceso múltiple por división de espacio (SDMA)

A continuación se definen los tres primeros.

1.3.1 FDMA.

Con el multiplexaje de división de frecuencia, es espectro disponible para el sistema de radio es dividido en varias bandas de frecuencias que pueden ser usadas simultáneamente.

Cada banda de frecuencia es considerado como un canal físico que está colocado para dos o más estaciones por comunicación. A cada estación le es posible enviar o recibir usando la tasa completa de transmisión disponible de la banda de frecuencia.

El espectro de frecuencias se divide en bandas de frecuencias a través de la modulación de frecuencias de portadoras diferentes cuando los mensajes están siendo transmitidos. En la terminal receptora las señales son separadas a través del filtrado apropiado. Debido a que los filtros reales tienen una caída característica finita, son necesarias las bandas de guarda para evitar la interferencia[3].

1.3.2 TDMA.

Un canal en FDM puede a veces ofrecer mas capacidad que aquella que es requerida para el enlace de comunicación. Periódicamente el canal de frecuencia puede entonces asignarse alternativamente a diferentes enlaces de comunicación. Este es el concepto detrás del multiplexaje por división de tiempo, en el cual el ancho de banda entero de un canal de radio se usa pero es dividido dentro de ranuras de tiempo (time slots) que son periódicamente asignadas a cada estación por la duración de la llamada. La estación transmitiendo puede acomodar cierto número de bits de datos por una ranura. La secuencia de ranuras usadas por una estación forman un canal de tiempo.

El acceso a un medio de transmisión usando la técnica TDM requiere un multiplexor y, en el lado del receptor, un demultiplexor, que debe de ser capaces de trabajar juntos en perfecta sincronización para habilitar que los mensajes transmitidos sean asignados a los tiempos de canal correctos. De forma similar a FDM, los sistemas de TDM deben tener también un tiempo de guarda, en este caso, entre las ranuras individuales, para prevenir errores de sincronización e

interferencia intersímbolo resultando en las diferencia de tiempo de propagación de la señal. Este tiempo de guarda previene el uso de ranuras de tiempo realmente muy cortas y por consiguiente reduce la utilización de la capacidad teóricamente disponible. Además, se introduce un retardo para coleccionar los datos a ser transmitido en una ranura de tiempo[3].

1.3.3 CDMA.

El multiplexaje por división de código no separa los canales de transmisión en áreas de frecuencia no en áreas de ranura de tiempo. Lo que caracteriza este método es que transmite señales de banda angosta en un espectro de frecuencia de banda ancha a través del uso de un código único de usuario. Este es llamado código de esparcimiento,. Por este método un canal de comunicación se define por un código único.

Cada usuario en los sistemas de comunicaciones de radio es asignado a un código de usuario único, el cual es usado para esparcir es espectro de la señal que será transmitida dentro de múltiplos del ancho de banda original. Estas señales entonces son transmitidas al mismo tiempo por los transmisores de las terminales de comunicación en la misma banda de frecuencia., típicamente para y desde la misma estación base. Los códigos de usuario usados por los transmisores deben de ser seleccionados de tal manera que los receptores experimenten una mínima interferencia a pesar del hecho que la transmisión toma lugar simultáneamente. El uso de un código ortogonal de pseudo-ruido (PN) para la modulación de portadora de la información siendo transmitida cumple esta condición.

El receptor, que debe de conocer el código de usuario del transmisor, busca la señal de banda ancha por el patrón de bit de la secuencia de PN del transmisor. A través de una función de correlación, el receptor es capaz de sincronizar con el canal de código del transmisor y juntar la señal de nuevo a su original ancho de banda. Las señales de otros transmisores, los códigos de que son diferentes de la secuencia de PN seleccionada, no son juntados por este procedimiento y por lo tanto sólo contribuyen al nivel de ruido de la señal recibida[3].

1.4 Conceptos de canal.

Otro factor importante en la determinación de la capacidad de un sistema de comunicación móvil es el canal. Un canal es una frecuencia o un grupo de frecuencia, con la cual se puede llevar a cabo la transmisión, posiblemente la recepción, de información. Los canales de comunicación pueden ser de los tipos que se muestran en la tabla 1-1:

Tipo	Descripción	Ejemplo
Simple	Un solo sentido	Radio FM, television
Half duplex	Dos sentidos, uno a la vez	Radio de policia
Full duplex	Dos sentidos, ambos a la vez	Sistemas móviles

Tabla 1.1 Tipos de canal en comunicaciones.

1.4.1 Canal físico.

El sistema celular GSM utiliza la técnica de acceso múltiple por división de tiempo TDMA para transmitir y recibir señales de voz o datos. En TDMA una portadora se usa para llevar un número de llamadas, cada llamada utiliza la portadora en ranuras de tiempo asignados o time slots, figura 1-10.

Cada ranura de tiempo (time slot) en la cadena de TDMA es llamado *canal físico*. En GSM hay 8 canales físicos por cada frecuencia portadora.

Los canales físicos se utilizan para transmitir voz, datos o información de señalización.

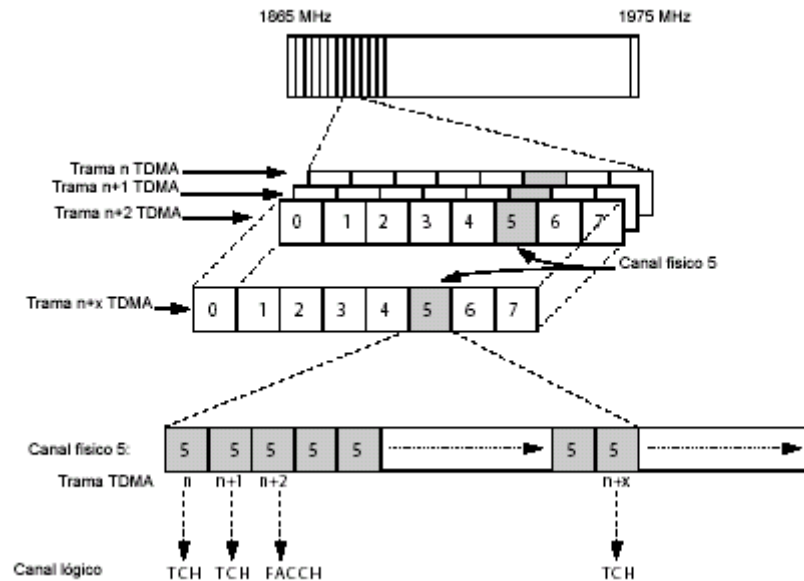


Figura 1-10 Canal físico en la trama de TDMA

1.4.2 Canal lógico.

Un canal físico puede llevar diferentes tipos de información, a estos diferentes tipos de información se les llama canales lógicos. Por ejemplo la voz se transmite en una canal lógico de tráfico (TCH), mientras que una instrucción de salto de frecuencia se transmite usando un canal lógico de control de asociación rápida (FACCH).

Toda la información que va hacia el móvil o viene del móvil se le da formato de la manera correcta para que el dispositivo de recepción pueda entender el significado de los diferentes bits del mensaje. Por ejemplo, en la ráfaga usada para portar el tráfico, algunos bits representan la voz o datos, mientras otros son usados como una secuencia de instrucción.

Los cuatro tipos diferentes de ráfagas que se utilizan en el sistema GSM se describen en la tabla 1-2[4]:

Tipo de Ráfaga.	Propósito.	Usado por.	Contenidos.
Normal (NB)	Usado para portar la información de los canales de tráfico y de control	BCCH. PCH. AGCH. SDCCH. CBCH. SACCH. FACCH. TCH.	▪ Dos bloques de 57bits cada uno para tráfico. ▪ Una secuencia de instrucción de 26 bits. ▪ Banderas de ausencia (un bit cada una) que indican que el FCCH está temporalmente ausente. ▪ Bits de cola (siempre 000) ▪ Periodo de espera: 8.25 bit de duración.
Corrección de frecuencia (FB)	Usado para la sincronización de frecuencia del móvil.	FCCH	▪ 142 bits de corrección de frecuencia. ▪ Bits de cola. ▪ Periodo de espera: 8.25 bit de duración.
Sincronización (SB)	Usado para la sincronización de la trama del móvil.	SCH	▪ Dos bloques de 39 bits para la estructura de información de la trama de TDMA. ▪ 64 bits de sincronización. ▪ Bit de cola. ▪ Periodo de espera: 8.25 bit de duración.
Acceso (AB)	Usado para el acceso aleatorio y el handover.	RACH FACCH	▪ 41 bits sincronización. ▪ 36 bits de información de acceso ▪ Bits de cola. ▪ Periodo de espera: 68.25 bits de duración. Este periodo de espera tan largo se usa porque este es la primera transmisión desde el móvil y no existe ninguna información de avance de tiempo.
Muda (DB)	Usada cuando ningún canal requiere una ráfaga para enviarse, y cuando la portadora no tiene información.	Todos los TS libres.	▪ El patrón es igual que el de la ráfaga normal, sólo que aquí las portadoras no tienen información.

Tabla 1-2 Tipos de ráfagas en GSM.

La relación entre las ráfagas y los canales lógicos se muestran en la figura 1-11 [4].

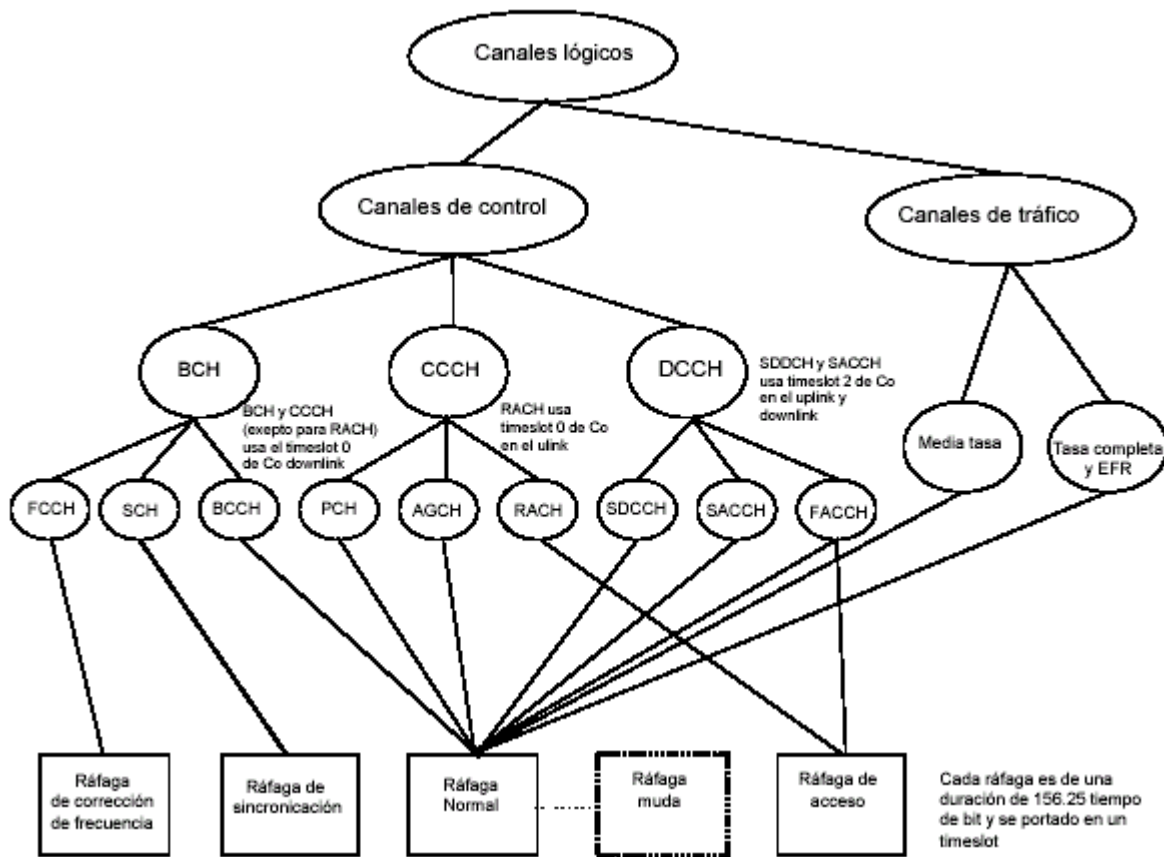


Figura 1-11 Relación entre ráfagas y canales lógicos

Relación entre las ráfagas y las tramas:

La relación entre las ráfagas y las tramas se muestra en la figura 1-12. Se utilizan dos tipos de multitramas que son:

- Multitrama de 21 tramas de TDMA: usada para portar el TCH, SACCH y FACCH.
- Multitrama de 51 tramas de TDMA: usadas para portar el BCCH, CCCH, SDCCH y SACCH.

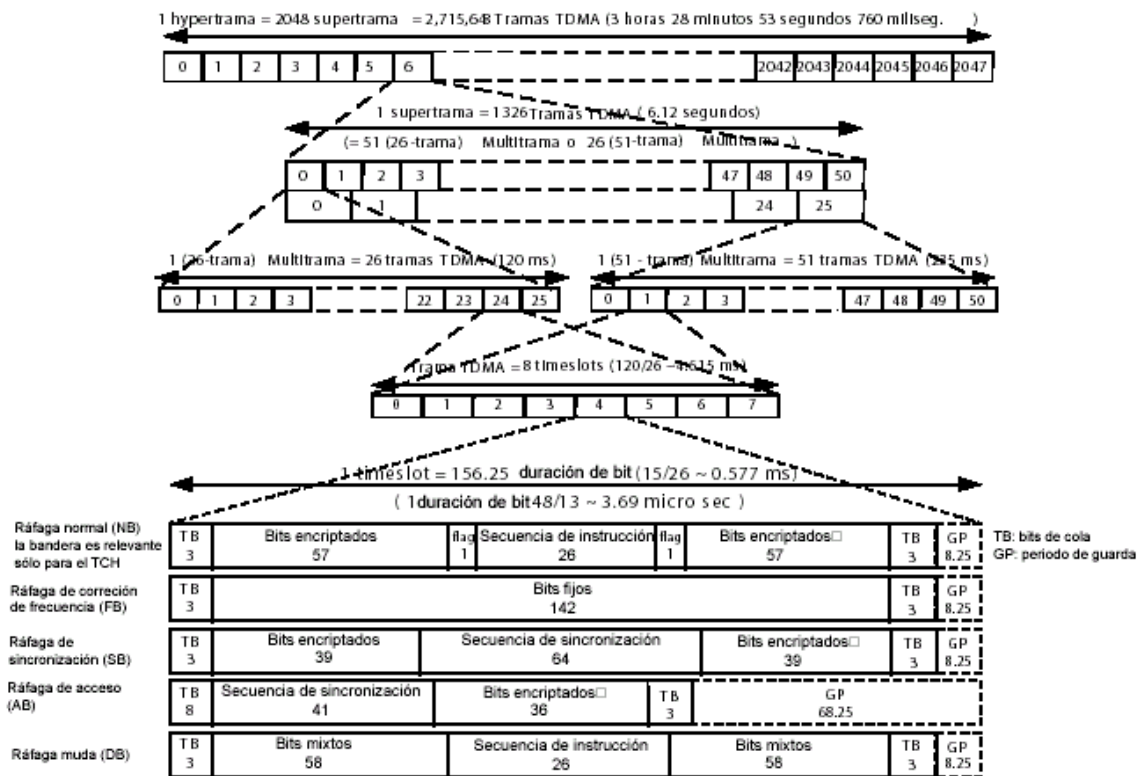


Figura 1-12 Relación entre ráfagas y tramas.

Canales de control:

Cuando un móvil es encendido, éste busca una BTS (Estación base de radio) a la cual pueda conectarse. El móvil examina la banda entera de frecuencias, o, de manera opcional, usa una lista que contiene las frecuencias portadoras designadas para ese operador (prestador de servicio de telefonía celular). Cuando el móvil encuentra la portadora de mayor intensidad, debe determinar si se trata de un canal de control. Esto se hace buscando un canal lógico en particular que se llama Broadcast Control Chanel (BCCH, canal de control de difusión)

La frecuencia que porta el BCCH contiene información requerida para el móvil, como lo es la información de sincronización y la identidad de la red a la que se va a enlazar. Sin esa información un móvil no puede trabajar con una red. Esta información es radiada a intervalos regulares se le da término de información del Canal de Difusión (BCH) [4].

En la tabla 1-3 se encuentra una explicación breve de cómo la BTS y el móvil utilizan los canales de difusión

Canales de difusión (BCH's).			
<i>Canal lógico</i>	<i>Dirección</i>	<i>BTS</i>	<i>Móvil</i>
Canal de corrección de Frecuencia. (FCCH)	Downlink, punto a multipunto.	Transmite una frecuencia portadora	Identifica la portadora del BCCH y se sincroniza con ésta.
Canal de sincronización. (SCH)	Downlink, punto a multipunto.	Transmite información acerca de la estructura de la trama de TDMA (por ejemplo el número de la trama) y el código de la identidad de la BTS	Se sincroniza con la estructura de la trama dentro de una célula en particular, y se asegura que la BTS que escogió pertenece a una red GSM.
Canal de control de difusión.(BCCH)	Downlink, punto a multipunto.	Difunde alguna información general de la célula tales como la Identidad del Area de Ubicación (LAI), la potencia máxima de transmisión permitida en la célula y la identidad de las portadoras BCCH de las células vecinas.	Recibe el LAI y le señala a la red si se llevará a cabo un procedimiento de actualización de ubicación si la LAI que tiene almacenada es diferente. Ajusta su potencia de salida dependiendo de la información que recibe del BCCH. También almacena la lista de las portadoras del BCCH de los cuales hará mediciones para llevar a cabo un eficiente handover.

Tabla 1-3 Canales de difusión.

Cuando el móvil ha terminado de analizar la información en un BCH, éste tiene entonces toda la información necesaria para trabajar con la red. Sin embargo si el móvil entra a otra célula debe de repetir el proceso de leer el FCCH; SCH y BCCH [4].

Si el móvil suscrito desea hacer o recibir una llamada se utilizan los Canales de Control Común (CCCH) en la tabla 1-4 se da una breve explicación de la utilización que da la BTS y el móvil a éstos [4].

Canales de control común (CCCH)			
<i>Canal lógico</i>	<i>Dirección</i>	<i>BTS</i>	<i>Móvil</i>
Canal de voiceo (PCH)	Downlink, punto a punto	Transmite un mensaje de voiceo para indicar una llamada entrante o un mensaje corto. El mensaje de voiceo contiene el número de identificación del suscriptor del móvil, que la red desea contactar.	En intervalos de tiempo el móvil escucha el PCH, si éste identifica como propio el número de identidad del suscriptor entonces responderá.
Canal de acceso aleatorio (RACH)	Uplink, punto a punto	Recibe, por parte del móvil una petición para que se le asigne un canal de señalización	Responde al mensaje de voiceo por el RACH, pidiendo un canal de señalización.
Canal de gran acceso (AGCH)	Downlink, punto a punto	Asigna un canal de señalización (SDCCH) al móvil.	Recibe la asignación de un canal de señalización.

Tabla 1-4 Canales de control común.

En esta etapa el móvil y la BTS están lista para comenzar el proceso de establecimiento de llamada. Para esto el móvil y la BTS usan los canales de control dedicado (DCCH's). En la tabla 1-5 se explica como utilizan estos canales la BTS y el móvil [4].

Canales de control dedicado (DCCH)			
<i>Canal lógico</i>	<i>Dirección</i>	<i>BTS</i>	<i>Móvil</i>
Canal de control dedicado único (SDCCH).	Uplink y downlink, punto a punto.	La BTS conmuta el canal SDCCH asignado. El procedimiento de establecimiento de llamada se lleva a cabo en modo libre la BSC asigna un TCH (SDCCH es usado también para transmitir mensajes de texto).	El móvil conmuta al SDCCH asignado. El establecimiento de la llamada es llevado a cabo. El móvil recibe la información de un TCH (canal de trafico portadora y time slot).
Canal de difusión de célula (BCCH).	Downlink, punto a multipunto.	Usa un canal lógico para transmitir mensajes cortos de difusión en una sola célula.	El móvil recibe los mensajes de difusión de la célula.
Canal de control de asociación lenta (SACCH).	Uplink u Downlink punto a punto.	Instruye al móvil sobre la potencia de transmisión y le da instrucciones de avance de tiempo.	Envía el promedio de las mediciones a la BTS (potencia de la señal y calidad) y a las BTS's vecinas (potencia de la señal). El móvil usa el SACCH durante la llamada para este propósito.
Canal de control de asociación rápida (FACCH).	Uplink y downlink punto a punto.	Transmite la información para el handover.	Transmite la información de handover necesaria en la ráfaga de acceso.

Tabla 1-5 Canales de control dedicado

Canales de tráfico. Una vez que se completa el establecimiento de la llamada sobre los canales físicos de control, el móvil sintoniza un canal físico de tráfico que porta al canal lógico de tráfico (TCH). El canal lógico de tráfico (TCH) puede ser de dos tipos [4]:

- Full rate (tasa completa: TCH): transmite la voz a la tasa máxima que es de 13 Kbits/s. Un canal lógico de tasa completa ocupa un canal físico.
- Half rate (Media tasa: TCH/2): transmite la voz a una tasa de 6.5 kbits/s. Por lo que pueden ir dos canales de media tasa en un canal físico, lo que aumentaría la capacidad de la célula. A costo de la calidad de la voz

Mapeo de los canales lógicos dentro de los canales físicos.

Como ya se había mencionado los canales lógicos son transmitidos dentro de los canales físicos, el método por el cual se colocan los canales lógicos dentro de los canales físicos se llama mapeo.

Debido a que la mayoría de los canales lógicos pueden transmitirse en un solo *timeslot*, éste aparece en el mismo *timeslot* del canal físico en las tramas consecutivas de TDMA.

Debido a que los canales lógicos ocupan poco espacio, varios de ellos pueden compartir el mismo canal físico, haciendo el uso de los *timeslots* más eficiente.

La figura 1-13 muestra las frecuencias portadoras para una célula, incluyendo una posición adicional de un timeslot para información del DCCH [4].

		Time slot							
		0	1	2	3	4	5	6	7
frec. portadora	0	B,C	T	D	T	T	T	T	T
	1	T	T	D	T	T	T	T	T
	2	T	T	T	T	T	T	T	T
	3	T	T	T	T	T	T	T	T

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

Figura 1-13 Mapeo de canales lógicos

Portadora 0, ranura 0:

El timeslot 0 de la primera frecuencia portadora en un célula está siempre reservada para propósitos de señalización. De esta manera un móvil sabrá distinguir cuando una frecuencia portadora es una portadora de BCCH.

En el downlink se transmite la información del BCH y CCCH. El único canal lógico que se transmite en uplink es el RACH. Teniendo el uplink libre sólo para el RACH, un suscriptor puede iniciar la llamada en cualquier momento.

Portadora 0, ranura 2:

Generalmente, la ranura 2 de la primera frecuencia portadora en una célula esta también reservada para propósitos de señalización. Las únicas excepciones para esto son en células con una carga muy baja o muy alta de tráfico. Como puede verse en la figura de mapeo de canales lógicos, si hay una carga de tráfico muy alta en la célula, es posible asignar más canales físicos para el propósito de establecimiento de llamada (usando el DCCH). Este puede ser cualquier otro canal físico que 0 o 2 en la frecuencia portadora 0.

De manera similar, si la carga de tráfico es baja en una célula, es posible usar el canal físico 0 en la frecuencia portadora 0 para toda la información de señalización: BCH, CCCH y DCCH. Con esto se libera el canal físico 1 para el tráfico.

Ocho SDCCH's y 4 SACCH's pueden compartir el mismo canal físico. Esto significa que 8 llamadas pueden realizarse de manera simultanea en un canal físico.

Portadora 0, timeslots 1, 3-7 y todos los demás timeslots en las portadoras restantes en la misma célula:

Todos los demás timeslots en una célula que no fueron asignados para señalización son usados para el tráfico de voz o datos, para lo cual se asignan canales lógicos TCH.

Además, en intervalos regulares durante la llamada, el móvil transmite a la BTS las mediciones que ha hecho sobre la potencia y calidad de la señal. Para esto se usa el canal lógico SACCH, reemplazando a un TCH.

Sistema GSM

La red GSM fue diseñada para ser una plataforma flexible. Las especificaciones de GSM no determinan los requerimientos actuales de hardware, en su lugar especifica las funciones de la red y las interfaces de forma detallada. Esto permite a los diseñadores de hardware ser creativos en como proporcionar la funcionalidad actual, al mismo tiempo hace posible a los operadores comprar el equipo a diferentes proveedores.

Las recomendaciones de GSM consisten de doce series de documentos que están mencionadas en la tabla 2-1. Estos documentos fueron escritos en diferentes reuniones de trabajo por un grupo de expertos. Se estableció un núcleo permanente para coordinar las reuniones de trabajo para manejar la edición de las recomendaciones. Todos estos grupos fueron organizados por la ETSI.

Documentos	Contenido
01	General
02	Aspectos de servicio
03	Aspectos de la red
04	Interfaz MS-BSS y protocolo
05	Capa física en la radio trayectoria
06	Especificaciones de codificación de voz
07	Adaptador terminal para el MS
08	Interfaz BSS-MSC
09	Trabajo interno de la red
10	Trabajo interno de servicio
11	El equipo y especificaciones de aprobación de tipo
12	Operación y mantenimiento

Tabla 2-1 Listado de documentos sobre especificaciones de GSM

Etapas de desarrollo de GSM.

Al final de la década de los 80, los grupos involucrados en el desarrollo del estándar de GSM se dieron cuenta que dentro del marco de tiempo dado ellos no podrían completar las especificaciones para el rango entero de los servicios y características de GSM, como originalmente se planeo. Debido a esto, se decidió que GSM sería lanzado en fases donde la fase uno consistía de un grupo limitado de servicios y características. Cada nueva fase se construye sobre los servicios ofrecidos por las fases existentes.

Etapas 1:

La Etapa 1 especifica los servicios más comunes incluyendo:

- Telefonía de voz.
- Roaming internacional.
- Servicios básicos de fax y datos (hasta 9.6 Kbits/s).
- Remisión de llamada.
- Exclusión de llamada.
- Servicio de mensajes cortos.

Esta etapa también incorpora características tales como el cifrado y las tarjetas de modulo de identidad del suscriptor (SIM). Las especificaciones de esta etapa se crearon sin posibilidad de modificación.

Etapas 2.

Las características adicionales introducidas en la fase 2 incluyen:

- Aviso de cargo.
- Identificación de llamada.
- Llamada en espera.
- Retención de llamada.
- Llamada en conferencia.
- Grupo cerrado de usuarios.
- Capacidades adicionales de comunicaciones de datos.

Etapa 2.5

El programa de la fase 2.5 cubrirá números de suscriptor múltiples y una variedad de características orientadas a negocios y transmisión de datos.

Algunos de los mejoras ofrecidas por la fase 2 incluyen:

- Perfiles de servicio múltiples.
- Planes de numeración privada.

2.1 Arquitectura de la red GSM.

La red GSM está dividida dentro de dos sistemas. Cada uno de estos sistemas están formados por unidades funcionales, que a su vez son componentes individuales de la red móvil. Los dos sistemas son:

- Sistema de conmutación.(SS).
- Sistema de estación base (BSS).

Además, como con todas las redes de telecomunicaciones, las redes de GSM están operadas, mantenidas y manejadas desde centros computarizados (figura 2-1).

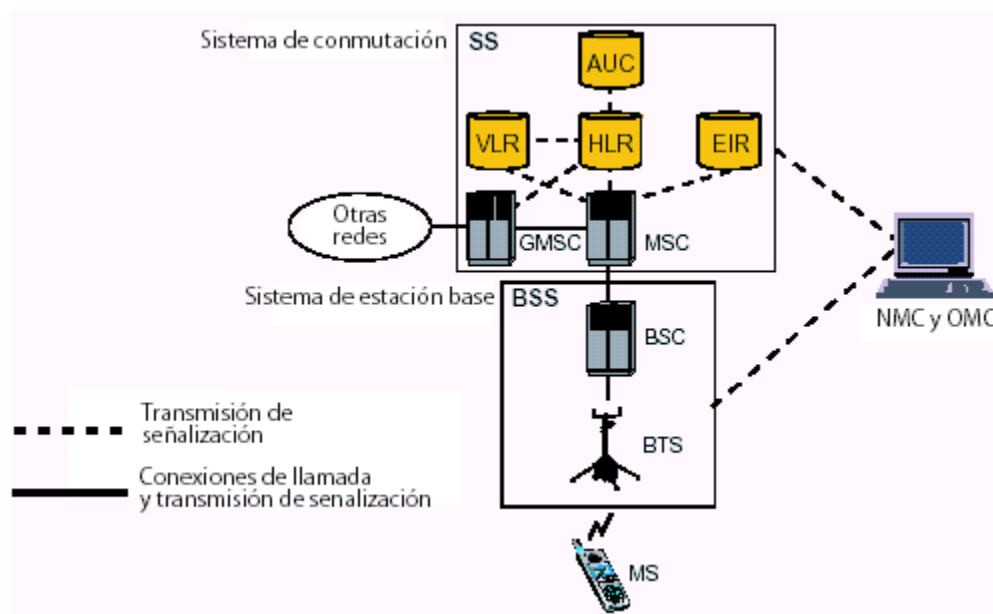


Figura 2-1 Modelo del sistema

Abreviaciones:

AUC-centro de autenticación
BSC-controlador de estación base.
BTS-estación base de transreceptor.
EIR-registro de identidad de equipo.
HLR-registro de localización de casa.
MS-estación móvil.
MSC-centro de conmutación de servicios móviles.
NMC-centro de manejo de la red.
OMC-centro de operación y mantenimiento.
VLR-registro de localización de visitante.

El SS es responsable de realizar las funciones relacionadas a los suscriptores y proceso de llamada. Incluye las siguientes unidades funcionales:

- Centro de conmutación de servicios móviles (MSC).
- Registro de localización de casa (HLR).
- Registro de localización de visitante (VLR).
- Centro de autenticación (AUC).
- Registro de identidad de equipo (EIR).

El BSS realiza todas las funciones relacionadas a la radio. El BSS comprende las siguientes unidades funcionales:

- Controlador de la estación base (BSC).
- Estación base de (BTS).

El OMC realiza todas las operaciones y tareas de mantenimiento para la red, tales como el monitoreo de tráfico y alarmas de la red. El OMC tiene acceso tanto al SS como al BSS.

Los MS's no pertenecen a ninguno de estos sistemas.

Componentes de sistema de conmutación (SS).

Centro de conmutación de servicios móviles (MSC).

El MSC realiza las funciones de conmutación de telefonía para la red móvil. Controla las llamadas que vienen y van a otros sistemas de telefonía y datos, como son la red de telefonía pública conmutada (PSTN), red digital de servicios integrados (ISDN), redes de datos públicas, redes privadas y otras redes móviles.

Funcionalidad de vía de acceso.

La funcionalidad de vía de acceso habilita un MSC a interrogar al HLR de la red para enrutar una llamada a una estación móvil (MS). Por lo que un MSC es llamado MCS vía de acceso (GMSC). Por ejemplo, si una persona conectada a la PSTN desea hacer una llamada a un suscriptor de móvil GSM, entonces la central de la PSTN accederá a la red GSM conectando primero la llamada al GMSC. Lo mismo sucede en una llamada de un MS a otro MS.

Cualquier MSC en una red móvil puede funcionar como una vía de acceso integrando el software apropiado.

Registro de localización de casa (HLR).

El HLR es la base de datos centralizada de la red que almacena y maneja todas las suscripciones de móvil pertenecientes a un operador específico. Actúa como un almacén permanente para la información de suscripción de la persona, hasta que esta suscripción se cancela. La información almacenada incluye:

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

El HLR puede ser implementado en el mismo nodo de red que el MSC o como una base de datos independiente. Si la capacidad del HLR es excedida por el número de suscriptores, se pueden agregar HLR's adicionales.

Registro de localización de visitante (VLR).

La base de datos VLR contiene información acerca de todos los suscriptores de móvil localizados en ese momento en el área de servicio del MSC. De esta manera, hay un VLR por cada MSC en la red. El VLR almacena temporalmente la información de suscripción para que el MSC pueda dar servicio a todos los suscriptores que en ese momento visiten el área de servicio de éste. El VLR puede ser considerado como un HLR distribuido ya que mantiene una copia de la información del HLR acerca de los suscriptores.

Cuando un suscripto transita dentro de una nueva área de servicio del MSC, el VLR conectado a esta MSC pide información acerca del suscriptor al HLR de éste. El HLR envía una copia de la información al VLR y actualiza su propia información de localización. Cuando el suscriptor hace una llamada, el VLR tendrá ya la información requerida para la instauración de la llamada.

Centro de autenticación (AUC).

La función principal del AUC es autenticar a los suscriptores que intentan usar la red. De esta manera, se usa para proteger a los operadores de la red contra fraude. El AUC es una base de datos conectada al HLR que le proporciona los parámetros de autenticación y las llaves de cifrado usadas para cerciorarse de la seguridad de la red.

Registro de identidad de equipo (EIR).

El EIR es una base de datos que contiene la información de identidad del equipo móvil que ayuda a bloquear llamadas de los MS's robados, no autorizados o defectuosos. Debe notarse que debido a la separación entre equipo y usuario en GSM, el bloqueo del equipo móvil no resulta en un bloqueo automático de un suscriptor.

Componentes del sistema de estación base (BSS).

Controlador de la estación base (BSC).

El BSC maneja todas las funciones relacionadas a radio de la red GSM. Tiene una alta capacidad de conmutación que proporciona funciones tales como el handover del MS, asignación de canal de radio y la colección de los datos de configuración de célula. Cada MSC puede controlar un grupo de BSC's.

Estación base de (BTS).

La BTS controla la interfaz de radio para el MS. La BTS comprende el equipo de radio tales como los transreceptores y antenas que son necesarias para el servicio de cada célula en la red. Un grupo de BTS's son controladas por una BSC.

Centros de monitoreo de la red.

Centro de operación y mantenimiento (OMC).

Un OMC es un centro de monitoreo computarizado que está conectado a otros componentes tales como MSC's y BSC's por medio de enlaces de red de datos X.25. En el OMC, se presenta al personal información acerca del estado de la red, que les permite monitorear y controlar una variedad de parámetros del sistema. Puede haber uno o varios OMC's dentro de la red dependiendo del tamaño de la red.

Centro de manejo de la red (NMC).

El control centralizado se hace en el centro de manejo de la red (NMC). Sólo se requiere un NMC para una red y este controla los OMC's subordinados. La ventaja de esta aproximación jerárquica es que el personal en el NMC puede concentrarse en problemas de gran escala concernientes a todo el sistema, por otro lado el personal local en cada OMC puede concentrarse en problemas regionales.

La funcionalidad del OMC y NMC pueden combinarse en el mismo nodo físico de la red o implementarse en diferentes localidades.

Estación móvil (MS).

Un MS se usa por un suscriptor de móvil para comunicarse con la red móvil. Existen varios tipos de MS's, éstos permite al suscriptor hacer y recibir llamadas. Los fabricantes de MS's ofrecen una variedad de diseños y características para cubrir las necesidades de los diferentes mercados.

El área de cobertura de un MS depende de la potencia de salida del MS. Los diferentes tipos de MS's tienen diferentes capacidades de potencia de salida y por consecuencia diferentes rangos. Por ejemplo, un MS de mano tiene una potencia de salida menor y un rango más corto que los MS instalados en los carros con una antena de techo montada.

Los MS's de GSM consisten de:

- Una terminal móvil.
- Un módulo de identidad del suscriptor (SIM)

A diferencia de otros sistemas de telefonía celular, en GSM los suscriptores están separados de la terminal móvil. Cada información de suscriptor está almacenada en una tarjeta pequeña SIM. La SIM puede ser conectada dentro de cualquier terminal móvil de GSM. Esto trae la ventaja de seguridad y portabilidad para el suscriptor.

Palabras clave.

Durante el desarrollo de los sistemas móviles, surgieron muchos términos que se usan para describir los casos de llamadas y situaciones relacionadas a los MS's. Los principales términos usados se describen a continuación.

Un MS puede tener uno de los siguientes estados:

- Ocioso: el MS está encendido pero no está una llamada en progreso.

- Activo: el MS está encendido y con una llamada en progreso.
- Desenganchado: el MS está apagado.

La tabla 2-2 define los términos clave usados para describir los casos de tráfico móvil de GSM (no hay casos de tráfico en el modo desenganchado).

Modo	Término	Descripción
Ocioso	Registro.	Este es el proceso en el cual un MS informa a la red que esta enganchado.
	Roaming.	Cuando un MS cambia de sitio en la red en modo ocioso, esto es llamado roaming.
	Roaming internacional.	Cuando un MS cambia de sitio dentro de una red que no es la red original. El MS puede solo tener roaming dentro de redes con las cuales la red original a tenido acuerdo para esto.
	Actualización de localización.	Cuando un MS vaga por la red debe informar a la red cuando entra en una nueva área de servicio.
	Voceo.	Este es el proceso por el cual una red intenta contactar un MS en particular. Esto es realizado transmitiendo un mensaje de voceo que contiene la identidad de el MS.
Activo.	Handover	Este es el proceso en el cual el control de una llamada se pasa de una a otra célula mientras el MS se mueve entre varias células.

Tabla 2-2 Términos usados en los casos de tráfico.

Arquitectura del sistema GSM de Ericsson.

Ericsson proporciona dos sistemas para las redes GSM [4]:

- Cellular Matra Ericsson (CME) 20: para redes de GSM 900 y 1800.
- Cellular Mobile System (CMS) 40: para redes de GSM 1900.

Al igual que el modelo general del sistema GSM, los sistemas GSM de Ericsson están divididos en dos sistemas principales: el *sistema de conmutación* (SS) y el *sistema de estación base* (BSS). Sin embargo, dependiendo de los requerimientos del operador de la red, los sistemas de GSM de Ericsson pueden incorporar otras funciones y nodos, tales como los nodos de la red inteligente móvil (MIN) y sistemas de proceso póstumo (figura 2-2).

Las estaciones móviles Ericsson no se consideran parte de los productos CME 20 o CMS40, debido a que un MS de cualquier otro proveedor puede funcionar dentro de la red y viceversa.

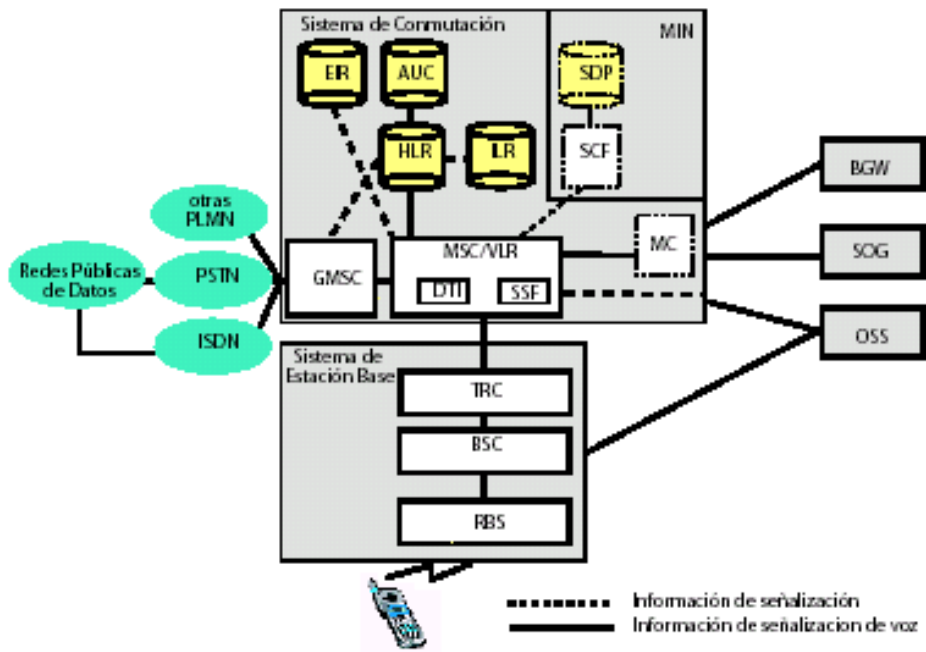


Figura 2-2 Modelo del sistema de la red GSM de Ericsson.

La tabla 2-3 enlista los nodos de la red Ericsson y la plataforma en la que están realizados.

Básico o adicional	Abreviación	Sistema.	Nombre completo de componente.	Plataforma.
--------------------	-------------	----------	--------------------------------	-------------

Básico	MSC/VLR	SS	Centro de conmutación de servicios móviles/ Registro.	AXE
Básico	GMSC	SS	MSC vía de acceso.	AXE
Básico	HLR	SS	Registro de localización de casa.	AXE
Básico	IRL	SS	Registro de localización de interacción.	AXE
Básico	AUC	SS	Centro de autenticación.	Unix/AXE
Básico	EIR	SS	Registro de identidad de equipo.	Unix
Básico	DTI	SS	Interfaz de transmisión de datos	AXE
Básico	TRC	BSS	Controlador de transcodificación	AXE
Básico	BSC	BSS	Controlador de estación base	AXE
Básico	BTS	BSS	Estación base de	RBS
Básico	OMC	OSS	Centro de operación y mantenimiento.	TMOS
Básico	NMC	OSS	Centro de manejo de la red.	TMOS
Adicional	MC	SS	Centro de mensajes	MXE
Adicional	SSP	SS	Punto de conmutación de servicio	AXE
Adicional	SCP	SS	Punto de control de servicio	AXE
Adicional	SDP	SS	Punto de datos de servicio	Unix
Adicional	SOG		Acceso de orden de servicio	Unix
Adicional	BGW		Acceso de facturación.	Unix

Tabla 2-3 Componentes de la red de Ericsson

Implementación del Sistema de Conmutación de Ericsson.

MSC/VLR: Los MSC's en todas las redes GSM de Ericsson son centrales AXE (tecnología que se describirá más adelante en este capítulo). En todas las redes GSM de Ericsson, el VLR está integrado dentro del mismo nodo que el MSC. Esto significa que la señalización entre el VLR y la MSC está hecha internamente en el nodo de la red MSC/VLR y no necesita ser portado sobre el resto de la red. Esto tiene el beneficio de reducir la carga total de señalización en la red.

Centro de conmutación de servicios móviles de vía de acceso (GMSC): El GMSC también está implementado como una central AXE. En efecto, este es un MSC con algún software adicional.

Registro de localización de casa (HLR): El HLR de Ericsson está también basado en AXE y puede ser implementado en el mismo nodo que el MSC/VLR o en un nodo independiente.

Registro de localización de interacción (ILR): existe sólo en las redes CMS 40. un ILR hace posible el roaming entre sistemas, lo que significa que un suscriptor puede tener roaming desde una red de GSM 1900 a una red de AMPS. El ILR consiste de un HLR de AMPS y un VLR de GSM 1900.

Centro de autenticación (AUC) y registro de identidad de equipo (EIR): El AUC y el EIR están implementados como nodos independientes o como un nodo combinado. El AUC puede alternativamente residir en AXE, posiblemente integrado con un HLR.

Interfaz de transmisión de datos (DTI): el DTI es una plataforma de hardware la cual realiza la función de interacción de GSM (IWF). Para el manejo de datos, tales como la conversión de tasa de datos. El DTI está implementado en una plataforma AXE y está integrada en el MSC/VLR. Estando integrado dentro de una plataforma AXE, el DTI no necesita recursos de mantenimiento y operación separados.

Implementación del Sistema de Estación Base (BSS) de Ericsson.

El sistema de estación base de Ericsson difiere ligeramente del modelo estándar del sistema GSM, debido a que se agrega un nodo llamado controlador de transcodificador (TRC). Sin embargo, esto no provee de una funcionalidad extra, las funciones del TRC son parte de las funciones que realiza el controlador de estación base del modelo estándar de GSM.

Controlador de transcodificador (TRC): el propósito de un TRC es multiplexar los canales de tráfico de múltiples BSC's dentro de un canal de PCM de 64 Kbits/s lo cual reduce el costo de transmisión de la red. El TRC puede combinarse con el BSC o existir como un nodo independiente.

Controlador de la estación base (BSC): el BSC en todas las redes GSM de Ericsson están basadas en tecnología AXE, puede ser implementado en un nodo independiente o integrado con un MSC/VLR o un TRC.

Estación base de transreceptor (BTS): En los sistemas GSM de Ericsson la BTS está incluida como parte de un producto llamado RBS. La RBS también realiza funciones que habilitan el soporte de las BTS's definidas para GSM.

Ericsson ofrece una amplia gama de RBS's para el uso en las redes GSM como son la serie RBS2000.

Implementación del OMC y NMC de Ericsson.

El sistema de operación y soporte (OSS) es un producto de Ericsson para soportar las actividades realizadas en un OMC y NMC o sólo en el NMC (Figura 2-3). El operador de la red inspecciona y controla la red a través del OSS que ofrece un soporte efectivo en costo para actividades de mantenimiento y operación local, operación regional y centralizada. El OSS está basado en la plataforma de soporte de operaciones y manejo de telecomunicaciones de Ericsson (TMOS).

El OSS está diseñado como un sistema de manejo completo de la red el cual puede usarse para controlar los elementos principales de la red tales como MSC/VLR's, HLR's, ILR's, TRC's, BSC's, EIR's, AUC's y MIN's. El OSS puede controlar también las BTS's a través de los BSC's.

El OSS usa una interfaz de usuario gráfica (GUI) haciendo el uso de sistema y manejo de red más fácil.

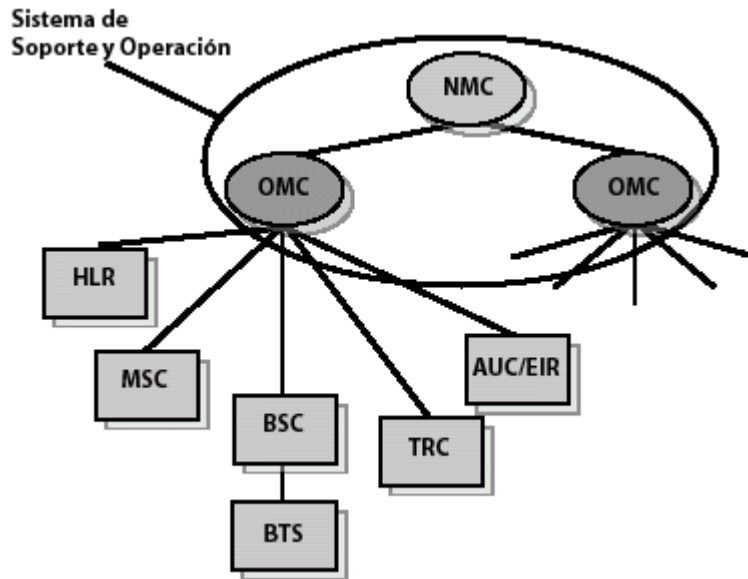


Figura 2-3 Subsistema de soporte y operación

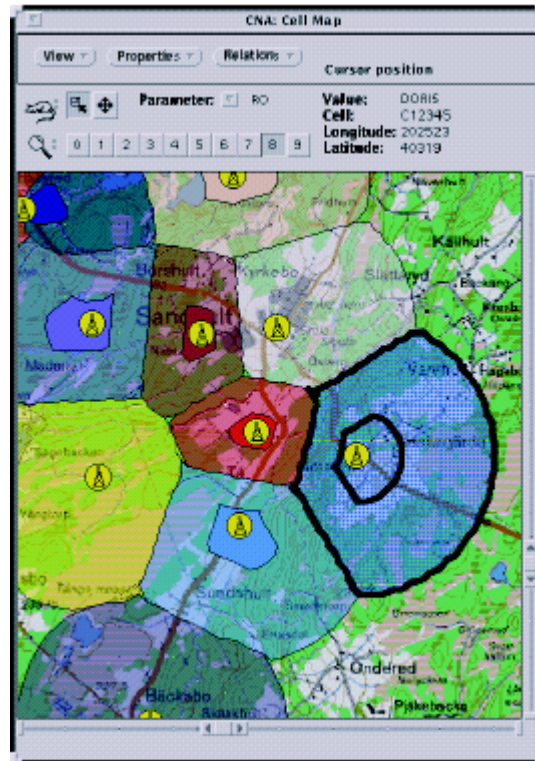
Red de manejo de telecomunicación (TMN).

El OSS y el TMOS están basados en el estándar de red de manejo de telecomunicación internacional (TMN). El TMN es un modelo para el manejo de redes de telecomunicación. Las áreas más importantes de manejo de red identificadas por TMN son:

- Manejo de configuración.
- Manejo de fallas.
- Manejo de realización.

Manejo de configuración.

En el OSS, la red celular puede ser mostrada en pantalla usando la configuración celular gráfica (GCC). La GCC otorga una vista gráfica de la red entera permitiendo al personal de operación y mantenimiento agrandar en regiones específicas de la red para conseguir una imagen más detallada de células particulares.



Nodos de red de inteligente móvil (MIN).

Los nodos de red inteligente móvil pueden ser agregados a la red GSM básica para proporcionar servicios de valor agregado a los suscriptores. Los nodos MIN de Ericsson incluyen:

- Punto de conmutación de servicio (SSP): un SSP actúa como una interfaz entre las funciones de control de llamada de la red móvil y las funciones de control de servicio del punto de control de servicio (SCP). Los SSP de Ericsson están basados en AXE y pueden estar integrados con un MSC/VLR o de manera independiente.
- Punto de control de servicio (SCP): un SCP contiene la parte inteligente de un servicio o servicios MIN. Esta parte inteligente está realizada en programas de software y datos. Los SCP de Ericsson están también basados en AXE y la configuración recomendada es como un nodo independiente, accesible por todos MSC/SSPs.
- Punto de dato de servicio (SDP): un SDP maneja los datos que son usados por un servicio MIN. El SDP de Ericsson es un nodo independiente basado en UNIX.

Sistemas de proceso póstumo.

Los sistemas de proceso póstumo son usados por los operadores de la red para manejar y analizar las grandes cantidades de información que son generadas por las llamadas en la red.

Acceso de orden de servicio (SOG).

Un operador de red requiere sistemas administrativos para analizar y manejar la información de la red tal como suscripciones de clientes, información de facturación y detección de fraude. Los sistemas administrativos de los operadores son llamados normalmente sistemas de administración de clientes (CAS). Estos son sistemas complejos frecuentemente inflexibles y costosos de adaptar a las necesidades de operadores de red individuales.

El acceso de orden de servicio (SOG) es un producto de Ericsson que permite a los CAS's intercambiar información con los elementos de la red que contienen información de servicio, tal como el HLR(figura 2-5).

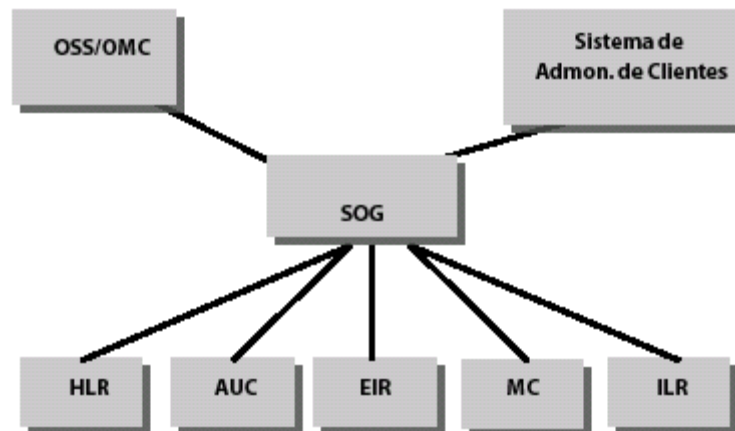


Figura 2-5 Acceso de orden de servicio

Acceso de facturación (BGW)

Un acceso de facturación (BGW) recopila la información de facturación o archivos de registro de datos de llamada (CDR) desde los elementos de la red tales como los MSC's y los regresa a los sistemas de proceso póstumo, que usan los archivos como entrada. Un BGW actúa como una interfaz de facturación para los elementos de la red Ericsson, y es una interfaz flexible que soporta la adaptación a cualquier nuevo tipo de elementos de la red. Cualquier alarma interna del BGW es retornada al OSS en un OMC.

Un BGW esta usualmente conectado a los sistemas de facturación y administración de clientes y esta manejado por la organización administrativa.

La figura 2-6 muestra la información requerida cuando se analiza una llamada específica.

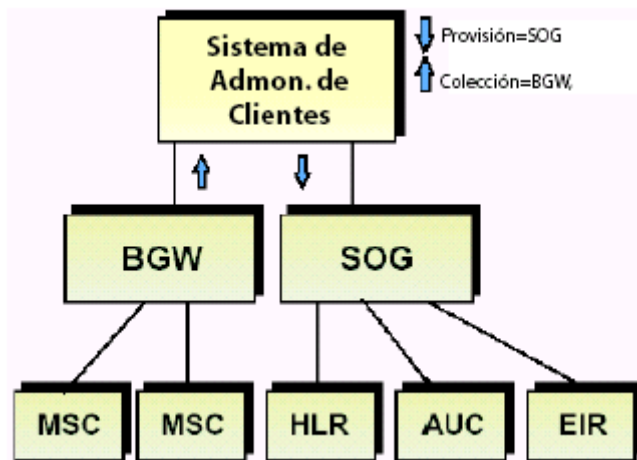


Figura 2-6 Información de cuenta

2.1.2 Sistema de conmutación.

El sistema de conmutación de los sistemas GSM de Ericsson contienen los siguientes componentes [4] (figura 2-7):

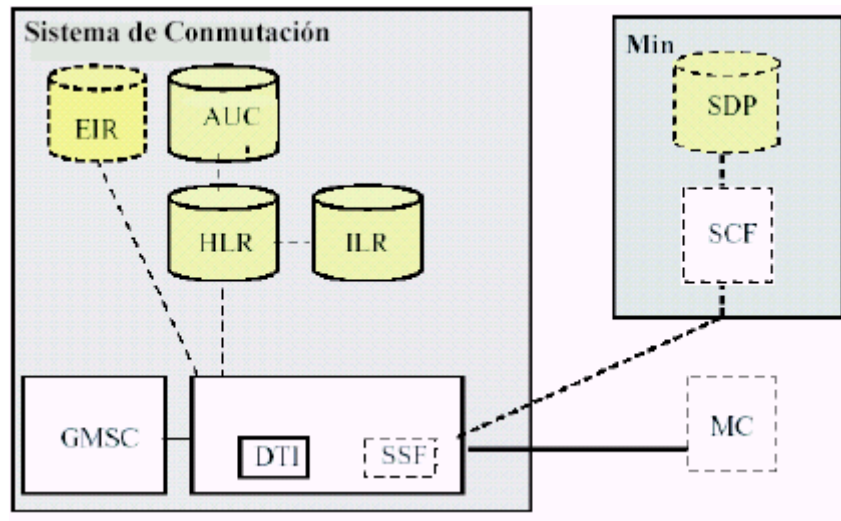


Figura 2-7 Sistema de conmutación.

Tipo	Abreviación	Nombre completo del componente	Plataforma
Básico	MCS/VLR	Centro de conmutación de servicios móviles/Registro de localización de visitante.	AXE
	GMSC	MSC vía de acceso.	AXE
	HLR	Registro de localización de casa.	AXE
	ILR	Registro de localización de interacción.	AXE
	AUC	Centro de autenticación.	Unix/AXE
	EIR	Registro de identidad de equipo.	Unix
	DTI	Interfaz de transmisión de datos.	AXE
Adicional	MC	Centro de mensajes.	MXE
	SSP	Función de conmutación de servicio.	AXE
	SCP	Función de control de servicio.	AXE
	SDP	Punto de dato de servicio.	Unix

Tabla 2-4 Componentes del sistema de conmutación

Centro de conmutación de servicios móviles/ Registro de localización de visitante (MSC/VLR).*Funciones del MSC:*

El nodo primario en la red de GSM es el MSC. Es el nodo que controla tanto las llamadas que vienen de los móviles como las que van a los móviles. Las funciones principales de un MSC incluyen las siguientes:

- Conmutación y enrutamiento de llamadas: Un MSC controla la instauración, supervisión y liberación de la llamada. Esto incluye el enrutamiento de las llamadas desde los MS's a otras redes tales como una PSTN.
- Adeudo en cuenta: Un MSC contiene funciones para cargar las llamadas del móvil y la información acerca de las tasas de cargo que se aplican a una llamada en cualquier tiempo o para un destino dado. Durante una llamada graba esta información y la almacena después de la llamada, por ejemplo para salida a un centro de facturación.
- Provisión de servicio: Los servicios suplementarios se manejan y proporcionan por el MSC. Además, el SMS es manejado por los MSC's.
- Comunicación con HLR: la principal ocasión en la que el MSC y el HLR se comunican es durante la instauración de una llamada con la estación móvil. Hay comunicación cuando el HLR requiere alguna información de enrutamiento al MSC. Cuando el MSC incluye la funcionalidad de vía de acceso GMSC, hay más comunicación con el HLR.
- Comunicación con el VLR: asociado con cada MSC está un VLR, con el cual se comunica para la información de suscripción, especialmente durante la instauración de la llamada y la liberación.
- Comunicación con otras MSC's: puede ser necesario para dos MSC's comunicarse una con otra durante la instauración de la llamada, o durante los handovers entre células que pertenecen a diferentes MSC's.
- Control de BSC's conectados: como el BSS actúa como la interfaz entre las estaciones móviles y el SS, el MSC tiene la función de controlar el nodo principal del BSS que es el BSC. Cada MSC puede controlar varios BSC's, dependiendo del volumen de tráfico en el área particular de servicio del MSC. Un MSC puede comunicarse con sus BSC's durante, por ejemplo, la instauración de la llamada y los handovers entre dos BSC's.
- Acceso directo a los servicios de Internet: tradicionalmente, un MSC tiene acceso a los nodos de Internet de un proveedor de servicio de Internet (ISP) por medio de las redes existentes tales como la PSTN. Por el contrario, esta función habilita un MSC para comunicarse directamente con los nodos de Internet, de manera que se reduce el tiempo de instauración de la llamada. El acceso directo puede proporcionarse usando un servidor de acceso llamado Tigris. Este debe estar integrado en un MSC o independiente conectado a un MSC.

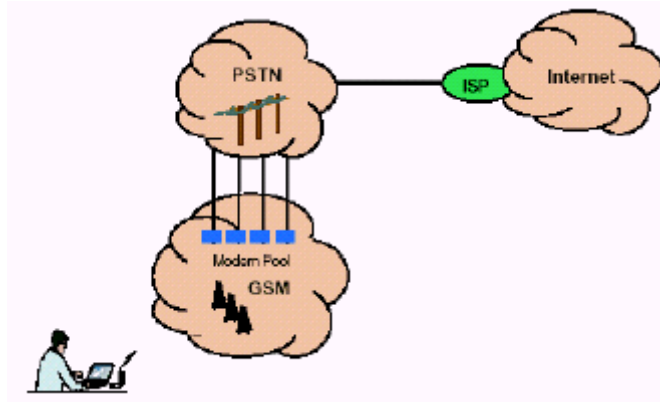


Figura 2-8 Método tradicional de acceso a Internet

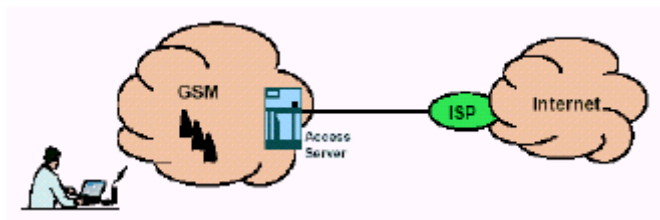


Figura 2-9 Acceso directo a Internet

- Acceso de tasa primaria de ISDN (PRA): esta función habilita a un MSC para proporcionar servicios de PRA a los suscriptores.

Funciones del VLR.

El papel del VLR en la red de GSM es actuar como una ubicación de almacenamiento temporal para la información de suscripción para los MS's que están dentro de un área de servicio de un MSC. En consecuencia, hay un VLR por cada área de servicio de MSC. Esto significa que el MSC no tiene contacto con el HLR (el cual puede estar localizado en otro país) cada vez que el suscriptor usa un servicio o cambia su estado.

Cuando un MS se mueve dentro de un área de servicio nueva se realizan los siguientes pasos en el VLR:

1. El VLR verifica su base de datos para determinar si tiene o no un registro para el MS (basado en el IMSI del suscriptor).
2. Cuando el VLR no encuentra registro para el MS, envía una petición al HLR del suscriptor para obtener una copia de la suscripción del MS.
3. El HLR pasa la información al VLR y actualiza la información de la localización para el suscriptor. El HLR da instrucciones al VLR anterior para que borre la información que tiene del MS.
4. El VLR almacena su información del suscriptor para el MS. Incluyendo la última localización y estado.

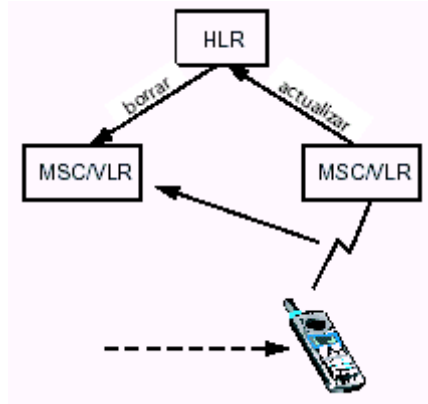


Figura 2-10 Interacción entre el VLR y HLR

Para el tiempo durante el cual el MS está dentro de una área de servicio del MSC, entonces el VLR contiene una copia completa de los detalles de suscripción necesarios, que incluyen la siguiente información:

- Números de identidad para el suscriptor.
- Información de servicios suplementarios.
- Actividad del MS.
- Área de localización actual del MS.

Implementación del MSC/VLR.

En los sistemas GSM de Ericsson, el MSC y el VLR están integrados en el mismo nodo basado en AXE. La razón para esto es que hay una cantidad extensa de intercambio de información entre los dos nodos por cada llamada, particularmente durante la instauración de la llamada. La interfaz del MSC-VLR es completamente interna en AXE, sin dejar de tratarse al MSC y al VLR como una función separada y distinta.

Un MSC/VLR contiene los subsistemas comunes APZ y APT que se describirán en el punto 2.3, junto con los subsistemas mostrados en la siguiente tabla, cada uno de los cuales está implementado sólo en software.

Subsistema	Funciones
Subsistema de datos de móvil (MDS)	Funciones de VLR
Subsistema de radio y movilidad.(MMS)	- Control de BSC's. - Control de handovers que involucran al MSC.
Subsistema de conmutación móvil (MSS)	- Conmutación y enrutamiento de llamada. - Comunicación con HLR's. -comunicación con otros MSC's.
Subsistema de manejo de mensajes cortos. (SHS)	Manejo de mensajes del SMS.

Tabla 2-5 Subsistemas del MSC/VLR

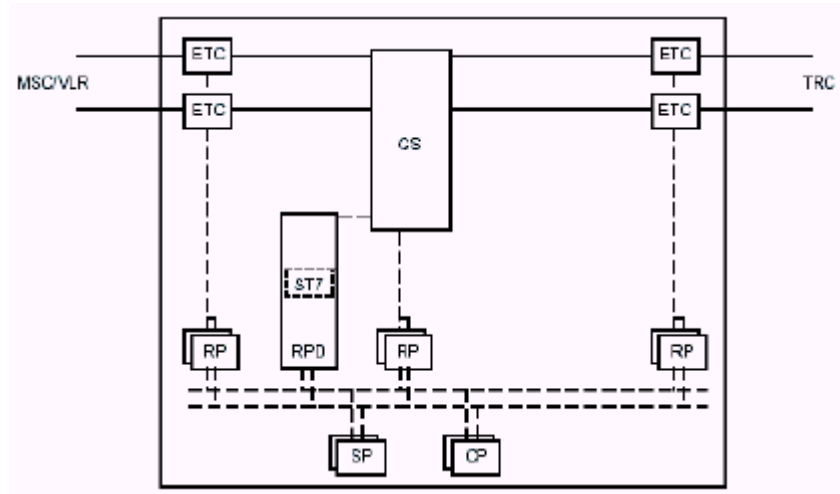


Figura 2-11 Hardware del MSC/VLR

MSC vía de acceso (GMSC).

Funciones del GMSC.

La funcionalidad de vía de acceso habilita a un MSC a interrogar al HLR para el enrutamiento de la llamada a la terminal móvil. En las llamadas de móvil a cualquier otra terminal que no sea móvil, esto no se usa.

Por ejemplo, si una persona conectada a la PSTN quiere hacer una llamada a un suscriptor móvil de GSM, entonces la central PSTN tendrá acceso a la red de GSM conectando primero la llamada al GMSC. El GMSC solicita información de enrutamiento de llamada desde el HLR. Lo mismo es cierto para una llamada de un MS a otro MS.

Implementación del GMSC.

Cualquier MSC en la red móvil puede funcionar como vía de acceso con la integración del software apropiado y la definición de la información de interrogación del HLR. Con esto se convierte en GMSC/VLR.

En los sistemas GSM de Ericsson, las funciones de vía de acceso se proporcionan dentro del subsistema MSS. Sólo se requiere de hardware adicional para la interfaz del enlace de señalización al HLR.

Función a la vía de acceso.

- Encontrar e interrogar al HLR para un número en roaming.
- Enrutamiento de la llamada de acuerdo al resultado de la interrogación.

Registro de localización de casa (HLR).

Funciones de HLR.

El HLR es una base de datos centralizada de la red que almacena y maneja todas las suscripciones de móvil que pertenecen a un proveedor específico. Actúa como un almacén permanente para la información de suscripción de las personas hasta que la suscripción es cancelada. La información almacenada incluye:

- Identidad del suscriptor (es decir IMSI, MSISDN).
- Servicios suplementarios del suscriptor.
- Información de localización de suscriptor (es decir el área de servicio de MSC).
- Información de autenticación de suscriptor.

Las funciones principales de el HLR incluyen:

- Manejo de la base de datos de suscripción: como una base de datos, el HLR debe ser capaz de procesar datos rápidamente en respuesta a la recuperación de datos y solicitud de actualización hecha por otros nodos de la red. Por esta razón actúa como un sistema de manejo de base de datos. Cada registro de suscriptor contiene un cantidad sustancial de parámetros.
- Comunicación con los MSC's: cuando se instaura las llamadas para un MS, es necesario para el HLR contactar el MSC que está dando el servicio al MS para el enrutamiento de la información. Analizando el MSISDN, el MSC sabe cual HLR contactar en la red mundial para esta suscripción del MS.
- Comunicación con los GMSC's: durante la instauración de la llamada a un MS, el GMSC solicita información de localización del MS desde el HLR, el cual entonces proporciona ésta en forma de información de enrutamiento. También, si el suscriptor esta desenganchado el HLR informará al GMSC que no es necesario realizar otro enrutamiento de la llamada.
- Comunicación con los AUC's: antes de que tome lugar cualquier actividad que envuelva el cambio o uso de la información de suscripción, el HLR debe recuperar los nuevos parámetros de autenticación desde un AUC.
- Comunicación con VLR's/ILR's: cuando un MS se mueve dentro de un área nueva de servicio de MSC el VLR para ésta área solicita información acerca del MS desde el HLR del suscriptor. El HLR proporciona una copia de los detalles de suscripción, actualiza su información de localización e instruye a el VLR anterior para que borre la información que tiene acerca de este MS. Como el ILR actúa como un VLR para los suscriptores de AMPS, el HLR se comunica con éste de una manera similar.

Implementación del HLR.

El HLR puede ser implementado en el mismo nodo de red del MSC/VLR (es decir MCS/VLR/HLR) o como una base de datos independiente. Un nodo MSC/VLR/HLR es una solución recomendable para una red GSM de inicio pequeño, lo que libra la carga de hardware y señalización en los enlaces entre el MSC/VLR y el HLR.

Un HLR independiente es una solución recomendable para las redes grandes. Esto tiene las siguientes ventajas:

- No hay alteraciones de tráfico creando mejor fiabilidad.
- Cuando el HLR esta separado del MSC/VLR, hay más capacidad disponible para el manejo de llamada en el MSC/VLR.

Si el número de suscriptores excede la capacidad de un HLR, se puede agregar HLR's adicionales. *Redundancia de HLR:* para proporcionar fiabilidad adicional a la red, se usa un HLR apareado para reflejar los datos del HLR primario y poder hacerse cargo automáticamente si se requiere.

Estructura del sistema:

En los sistemas GSM de Ericsson el HLR es un modulo de aplicación basado en AXE llamado HLRAM. Junto con los subsistemas estándares APZ y APT el HLR incluye el subsistema APT llamado subsistema de registro de localización de casa (HRS) el cual realiza el manejo necesario de suscripción.

Registro de localización de interacción (ILR).

Funciones del ILR.

El ILR ofrece capacidades de roaming entre sistemas de telefonía que cumplen con diferentes estándares. El ILR es específico de GSM 1900 y habilita a los suscriptores de AMPS a tener roaming en la red. Para los suscriptores de SMPS que desean aprovechar esta funcionalidad de roaming, sus suscripciones de la red AMPS se copian dentro del lado del HLR del ILR. Cuando ellos entran dentro de la red GSM 1900, el HLR copia ésta información dentro del lado del VLR del ILR, como ocurre para los suscriptores de roaming normal de GSM. Desde el punto de vista de los suscriptores sin embargo, hay sólo una suscripción.

Implementación del ILR.

El ILR esta basado en AXE (el hardware del ILR es similar al del HLR). Incluye los subsistemas APZ y APT, y los subsistemas adicionales que se muestran en la tabla 2.6.

Subsistema	Funciones
Subsistema de registro de localización de casa.(HRS)	Manejo de la base de datos de los suscriptores de AMPS
Subsistema de roaming entre. sistemas móviles.(MIS)	- Mapeo y translación de servicios y protocolos. - Comunicación con otros nodos.

Tabla 2-6 Subsistemas del ILR

Centro de autenticación (AUC) y registro de identidad de equipo (EIR).

Las PLMN's necesitan un nivel de protección más alto que las redes tradicionales de telecomunicaciones. Por lo tanto, para proteger los sistemas GSM se han definido las siguientes funciones de seguridad:

- Autenticación del suscriptor: realizando la autenticación, la red evita que usuarios no autorizados puedan tener acceso a la red, incluyendo aquellos que están intentando personificar a otros.
- Cifrado de información de radio: la información enviada entre la red y un MS esta cifrada. Un MS puede sólo descifrar la información dirigida a él.
- Identificación de equipo móvil: debido a que el suscriptor y el equipo están separados en GSM; es necesario tener un proceso de autenticación separado para el equipo MS. Esto asegura, que una terminal móvil que ha sido robada no sea capaz de acceder a la red.
- Confidencialidad de identidad del suscriptor: durante la comunicación con un MS sobre un enlace de radio, es deseable que la identidad real (IMSI) de un MS no siempre sea transmitida. En su lugar se puede usar una identidad temporal (TMSI). Esto ayuda a evitar fraude se suscripción.

El AUC y el EIR están contenidos el las tres primeras características antes mencionadas, mientras que la última es manejada por el MSC/VLR.

Funciones del AUC.

La función principal de un AUC es proporcionar información que es usada por un MSC/VLR para realizar la autenticación del suscriptor y para establecer los procedimientos de cifrado sobre el enlace de radio entre la red y el MS.

La información proporcionada es llamada terna y consiste de:

- Un número aleatorio no predecible (RAND).
- Una respuesta señalizada (SRES).
- Una llave de cifrado (Kc).

Provisión de ternas.

Durante la suscripción, a cada suscriptor le es asignada una llave de autenticación de suscriptor (Ki). El Ki es almacenado en el AUC junto con el IMSI del suscriptor. Ambos se usan en el proceso de provisión de ternas. El mismo Ki e IMSI son también almacenados en la SIM. En un AUC se realizan los siguientes pasos para producir una terna (figura 2-12):

1. Se genera un número aleatorio no predecible RAND.
2. El RAND y el Ki se usan para calcular el SRES y la Kc, usando dos algoritmos diferentes llamados A3 y A8 respectivamente.
3. El RAND, SRES y el Kc son liberados juntos al HLR como una terna.

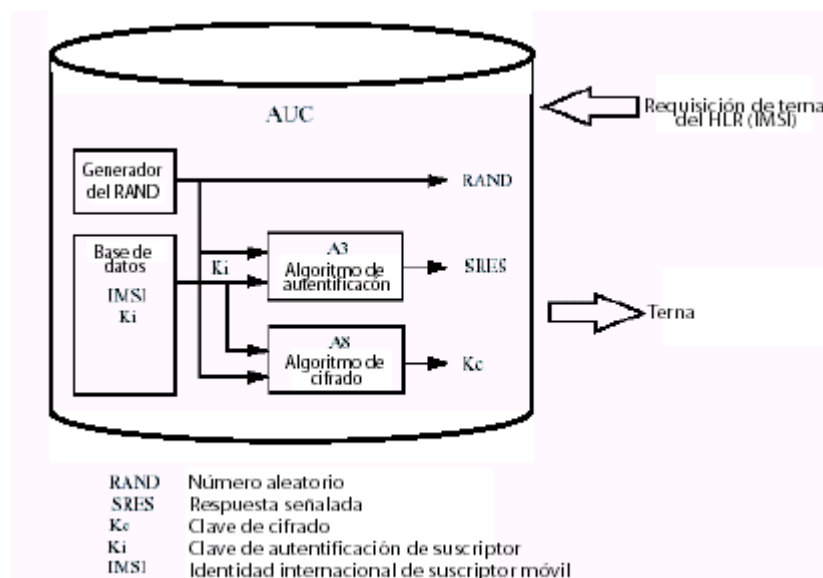


Figura 2-12 Provisión de ternas.

En el procedimiento de autenticación se realizan los siguientes pasos (figura 2-13):

1. El MCS/VLR transmite el RAND al MS.
2. El MS calcula la firma SRES usando el RAND y la clave de autenticación del suscriptor (Ki) a través del algoritmo A3.
3. El MS calcula la Kc usando el Ki y el RAND a través del algoritmo A8. El Kc será en adelante usado para cifrar y descifrar en el MS.
4. La firma SRES se envía de regreso al MSC/VLR, el cual realiza la autenticación, verificando si, el SRES del MS y el SRES del AUC son iguales. Si es así, se le permite al suscriptor usar la red, si no, se bloquea el acceso a la red.

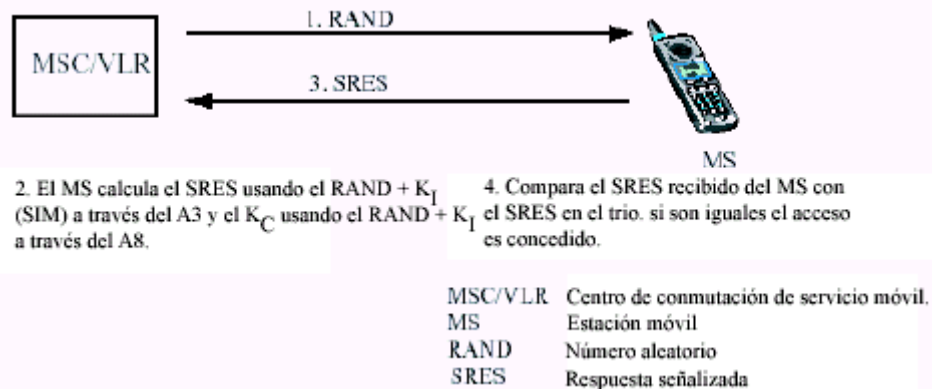


Figura 2-13 Procedimiento de autenticación

La autenticación puede ser realizada por elección del operador durante:

- Cada registro.
- Cada intento de instauración de llamada.
- Actualización de localización.
- Antes de la activación o desactivación de un servicio suplementario.

Puede haber excepciones para suscriptores pertenecientes a otras PLMN's.

Procedimiento de cifrado.

La confidencialidad significa que la información del usuario y la señalización intercambiada entre las BTS's y los MS no es revelada a individuos no autorizados, entidades o procesos.

Una secuencia de cifrado se produce usando la K_c y el número de trama de TDMA como entradas en el algoritmo de encriptación A5. El propósito de esto es asegurar la privacidad concerniente a la información del usuario (voz o datos) así como los elementos de señalización relacionados al usuario.

Para probar el procedimiento de cifrado se deben usar algunas muestras de información. Para este propósito se usa el comando de modo de cifrado (M) y se realizan los siguientes pasos (figura 2-14):

1. El comando M y K_c son enviados del MSC/VLR a la BTS.
2. El comando M es remitido al MS.
3. El comando M es codificado usando la K_c (calculada anteriormente con el SRES en el procedimiento de autenticación) y el número de la trama de TDMA que son alimentados a través del algoritmo de codificación A5.
4. El mensaje codificado se envía a la BTS.
5. El comando M codificado es decodificado en la BTS usando la K_c , el número de la trama de TDMA y el algoritmo de decodificación A5.
6. Si la decodificación del comando M fue exitosa, se envía un mensaje de modo de cifrado completo al MSC. Toda la información sobre la interfaz de aire es cifrada de este punto en adelante.

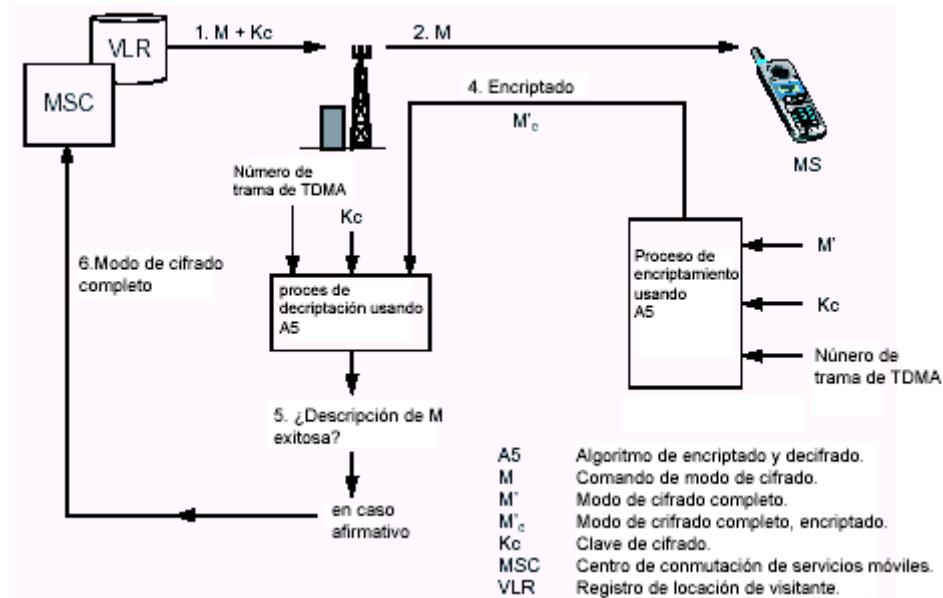


Figura 2-14 Procedimiento de cifrado.

Funciones del EIR.

Procedimiento de identificación de equipo.

El procedimiento de identificación usa la identidad propia del equipo que es la IMEI. La IMEI es la identidad internacional del equipo móvil se usa únicamente para identificar el equipo en la red, de acuerdo con las especificaciones de GSM contiene 15 dígitos, 6 son el código de aprobación, 2 son el código de ensamblaje final, 6 con el número de serie y el restante es libre debe ser siempre cero cuando es transmitido. El uso del IMEI asegura que el equipo terminal MS es válido (figura 2-15); se lista a continuación el procedimiento de identificación:

1. El MSC/VLR solicita el IMEI del MS.
2. El MS envía el IMEI al MSC.
3. El MSC/VLR envía el IMEI al EIR.
4. En la recepción del IMEI, el EIR examina tres listas:
 - Una lista blanca que contiene todas las series de números de las identidades de equipos que han sido asignados en los diferentes países participantes de GSM.
 - Una lista negra que contiene todas las identidades de equipos que han sido bloqueados.
 - Una lista gris (a nivel operador) que contiene el equipo móvil no aprobado o con fallas.
5. El resultado es enviado al MSC/VLR, el cual decide permitir o no el acceso para el equipo terminal.

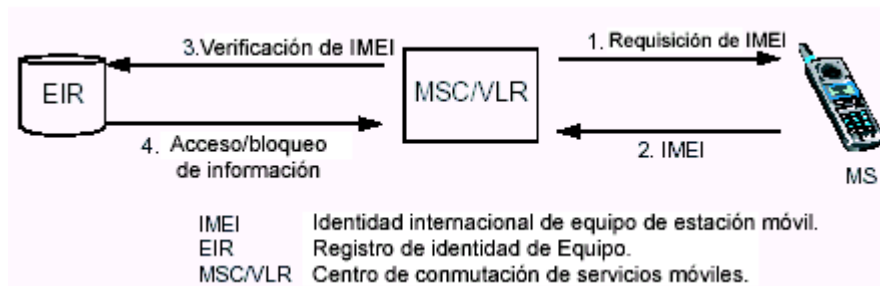


Figura 2-15 Identificación del equipo.

La decisión para identificar equipo queda en cada operador individual. Las especificaciones de GSM recomiendan la identificación para cada intento de instauración de llamada.

Implementación de AUC y EIR.

En una red GSM el AUC esta conectado directamente al HLR y el EIR esta conectado a un MSC/VLR.

El AUC puede ser realizado en AXE o en Unix. El EIR esta implementado en una plataforma Unix.

Si está se realiza en AXE, la configuración más común para un AUC es integrado con un HLR como un nodo AUC/HLR. Esto reduce los requerimientos de procesamiento de señal de ambos. El AUC se realiza usando el módulo de aplicación (AUCAM).

La forma más común de realizarlo es un nodo basado en Unix AUC/EIR, que proporciona los siguientes beneficios al operador:

- El procesamiento del AUC y EIR esta separado físicamente de la función de conmutación en el MSC. Eso proporciona mejor flexibilidad de planeación de la red cuando ésta necesita ser expandida.
- La plataforma común está basada en hardware (HW) y software (SW) estándar de la industria de cómputo.

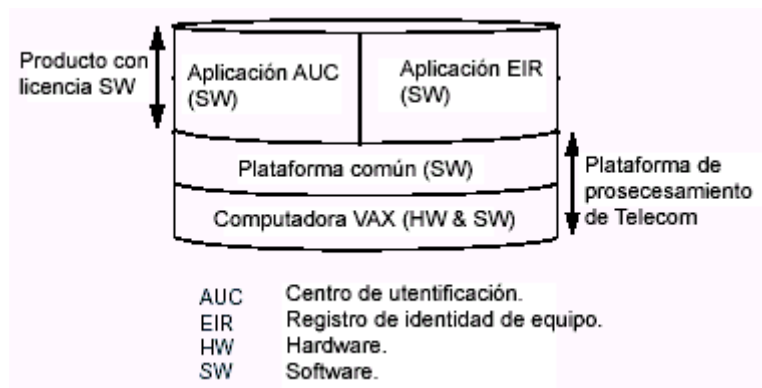


Figura 2-16 Estructura del producto AUC/EIR

Interfaz de transmisión de datos (DTI).

Los dos tipos básicos de conexiones de telecomunicaciones son:

- Conmutación de circuito: el circuito se establece de terminal a terminal y se mantiene toda la duración de la llamada sin importar hay actividad o no. Esto es recomendable para las llamadas de voz.
- Conmutación de paquete: el circuito se establece de terminal a terminal cuando se requiere transmitir o recibir información, con cada nuevo paquete de información, se puede usar una conexión diferente. Lo cual es recomendable para transmisiones en ráfagas, por ejemplo cuando se navega por Internet.

Los datos pueden enviarse por los dos métodos.

La conmutación de circuito de datos de alta velocidad (HSCSD) permite hasta cuatro time slots para una conexión de usuario. Los time slots no requieren estar en orden consecutivo. La HSCSD soporta los siguientes tipos de transmisión de datos:

- No transparente: agregando bits de corrección de error a los datos básicos, se asegura una conexión más confiable. Sin embargo, se restringe la tasa de datos a 38.4 Kbits/s.
- Transparente: esta forma no agrega información a los datos básicos y es por lo tanto menos confiable. La tasa de datos que se logra es de 48 Kbits/s.

Dentro de la red estándar GSM todas las conexiones son de conmutación de circuito. Para poder acceder a una PSPDN, se requiere la conexión a un PAD (ensamblador /desensamblador de paquetes). El PAD convierte la corriente de datos de una terminal asíncrona a paquetes de datos.

Funciones del DTI.

El DTI realiza la función de interacción de GSM (IWF), realiza la conversión de la tasa de transmisión de datos y proporciona los procesos necesarios para la interacción de datos entre la red de GSM y otras redes, incluyendo:

- Tráfico de datos que provienen y van a la PSTN: esto involucra llamadas de fax y módem. Para conexiones a la PSTN es seleccionado un módem por el DTI para realizar la modulación necesaria para la transmisión de datos
- Tráfico de datos que provienen y van al ISDN: el conjunto total comunicación de datos hacia la ISDN está disponible, ya que el MSC/DTI es capaz de señalización y mapeo de la información de servicio básico entre el ISDN y la red GSM.
- Tráfico de datos que provienen y van a las PDN's: el DTI maneja el tráfico para las redes de datos públicas (PDNS) tales como la PDN de conmutación de paquete (PSPDN) y la PDN de conmutación de circuito (CSPDN).
- Tráfico de datos entre móviles: el tráfico de datos dentro de la PLMN debe pasar a través del DTI para manejar el protocolo usado para la adaptación de tasa de transmisión de datos en la trayectoria de radio.
- HSDSC: esta versión de datos de conmutación de circuito de alta velocidad (HSCSD) permite la concatenación de 2, 3 o 4 time slots en un canal de radio cada uno de 9.6 kbits/s. El DTI maneja la conversión de tasa de transmisión de datos para la PSTN o ISDN como sea necesario.
- Encapsulado HDLC en ISDN: la función de interacción (IWF) soporta el encapsulado de control de enlace de datos de alto nivel (HDLC) para manejar el protocolo de enlaces punto a punto (PPP) y el protocolo X.75 por medio de redes ISDN.
- Servicios de portador: con el servicio de portador, la red GSM proporciona una trayectoria para la transmisión de datos entre dos puntos de acceso y también para una interfaz usuario-red. La red será responsable de la entrega en una terminal de lo que ha recibido en la otra. Estos servicios permite a los usuarios a usar aplicaciones como:
 - E-mail.
 - Acceso a bases de datos.
 - Transferencia de archivos.
 - Comunicación digital con una terminal de ISDN.
 - Acceso a un PAD

Implementación del DTI.

Los servicios de datos en los sistemas Ericsson para la conmutación de circuito están proporcionados por el dispositivo de hardware del DTI. El DTI es manejado por el subsistema de transmisión de datos (DTS).

Centro de mensajes (MC).

Funciones del MC.

Un MC puede ser agregado a la red GSM para proporcionar uno o mas de los siguientes servicios de mensaje:

- Correo de voz.
- Correo de fax.
- Servicio de mensajes cortos (SMS) mensajes de texto.
- Difusión en célula SMS (SMS CB) de mensajes de texto.

El correo de voz.

El correo de voz asegura que todas las llamadas a una persona puedan completarse, cada vez que la persona no conteste las llamadas. La parte llamante puede grabar un mensaje de voz para el suscriptor al que está llamando.

El suscriptor es informado que tiene un mensaje de voz en su buzón, por medio de mensajes de texto cortos o por medio de llamadas de la red a intervalos regulares. Si el MS esta desenganchado, la indicación se le envía cuando se enganche de nuevo a la red.

Correo de fax.

El correo de fax opera de forma similar al correo de voz. Para los MS's que soportan fax, un suscriptor puede establecer la desviación para todas o algunas llamadas de fax hacia el buzón de fax. Cuando el MS es enganchado de nuevo a la red, la red remitirá el mensaje de fax a la máquina de fax identificada por el MS.

SMS.

El mensaje de texto corto consiste de hasta 160 caracteres alfanuméricos, escritos en una entidad de mensaje corto (SME) como puede ser un MS (usando el teclado) o una terminal de computadora.

Los mensajes cortos siempre son originados o terminados en una red de GSM. Lo que significa que un mensaje corto no puede ser enviado entre dos SME's que estén fuera de la red de GSM.

El que origina el mensaje corto sabe si el mensaje fue remitido exitosamente o no, por medio de una notificación. Cuando un mensaje es presentado, puede solicitarse la opción de remisión atrasada. Esta opción hace posible especificar el tiempo en el que el mensaje va a ser remitido.

Un MC que maneja mensajes SMS frecuentemente referido como un centro de SMS (SMS-C). Cuando un mensaje es remitido a un MS, el sistema debe primero determinar donde está situado el MS. Como en el tráfico ordinario de voz, la vía de acceso solicita la información de enrutamiento. La vía de acceso se llama SMS GMSC.

Cada mensaje corto es timbrado por el centro de SMS cuando es remitido. El mensaje es borrado una vez que el envío es exitoso o una vez que el tiempo especificado en la remisión atrasada expira.

Cuando el mensaje es puesto en memoria, el SMS-C intenta regularmente enviar el mensaje a intervalos definidos por el operador.

SMSCB: El servicio de SMSCB habilita un mensaje de 93 caracteres alfanuméricos para ser enviado a todos los MS enganchados en un célula.

Implementación del MC.

Un nodo de MC puede manejar uno o mas servicios de mensajes. Por ejemplo, dependiendo de la cantidad del tráfico del SMS, puede ser más eficiente tener un MC actuando sólo como un SMS-C, con otros servicios de mensajes manejados por otro MC separado.

También es posible integrar las funciones del SMS-C en un MSC, lo que nos lleva al término “SMS interacción MSC” (SMS-IWMSC). Adicionalmente, las funciones del SMS GMSC pueden residir en el mismo nodo que las funciones del GMSC usadas para las llamadas de voz.

El MS está implementado por el producto MXE. El componente más importante de MXE es el núcleo de mensaje. El núcleo de mensaje es el almacén central de mensaje y el núcleo de envío responsable de un almacenaje seguro de mensajes, enrutamiento y reintentos de envío.

Función de conmutación de servicio (SSF), función de control de servicio (SCF) y punto de datos de servicio (SDP).

Los nodos de red inteligente móvil (MIN) pueden agregarse a la red básica GSM para proporcionar servicios de valor agregado.

Los nodos MIN incluyen:

- Función de conmutación de servicio (SSF): un SSF actúa como una interfaz entre las funciones de control de llamadas de la red móvil y las funciones de control de servicio del *punto de control de servicio* (SCP). El SSF es un módulo de aplicación basado en AXE (SSFAM) y puede estar integrado con un MSC/VLR (recomendado) o de manera independiente.
- Función de control de servicio (SCF): un SCF contiene la parte inteligente del servicio o los servicios del MIN. La parte inteligente está realizada por medio de programas de software y datos. El SCF también es un módulo de aplicación basada en AXE (SCFAM) y la configuración recomendada es como un nodo independiente, accesible para todos los MSC/SSF's.
- Punto de datos de servicio (SDP): un SDP maneja los datos que son usados por un servicio del MIN. El SDP es un nodo independiente basado en Unix.

2.1.3 Sistema de estación base.

El sistema de estación base (BSS) es responsable de todas las funciones relacionadas a radiocomunicación en el sistema, como son:

- Radiocomunicación con las unidades móviles.
- Handover de llamadas en progreso entre las células.
- Manejo de todos los recursos de la red de radio y datos de configuración de célula.

El BSS consiste de tres componente [4] (figura 2-17):

- Controlador de estación base (BSC): el BSC es el nodo central dentro del BSS y coordina las acciones de los transcodificadores y las radiobases.
- Controlador de transcodificador (TRC): el TRC proporciona al BSS la capacidad de adaptar la tasa de transmisión de datos. Esto es necesario porque las tasas usadas sobre la interfaz de aire y la usada por los MSC/VLR's son diferentes, 33.8 kbits/s y 64 kbits/s respectivamente. El dispositivo que realiza la adaptación de la tasa es llamado transcodificador.
- Estación base de radio (RBS): una RBS actúa como la interfaz entre los MS's y la red, proporcionando funciones de cobertura de radio desde sus antenas.

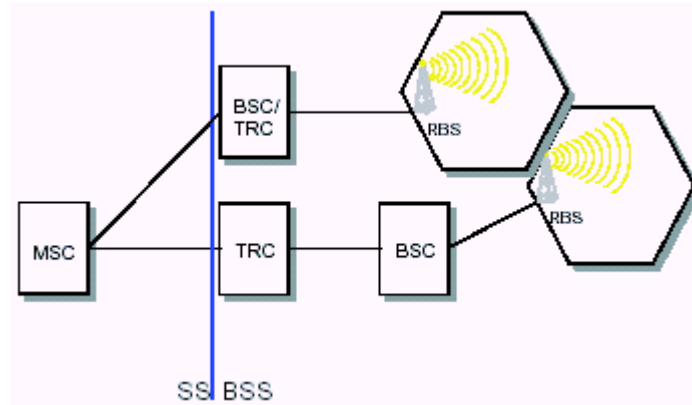


Figura 2-17 El BSS en el sistema de Ericsson

Controlador de la estación base y controlador de transcodificador.

Hay dos opciones disponibles para la implementación del TRC y BSC en el BSS:

- BSC/TRC: un BSC y TRC combinado en el mismo nodo de AXE. Esto es recomendable para aplicaciones de mediana y alta capacidad, por ejemplo redes de área urbana y suburbana. El nodo puede manejar hasta 1020 transreceptores (TRX's). Se pueden soportar 15 BSC's remotas desde un BSC/TRC.
- BSC independiente y TRC independiente: el BSC independiente (sin transcodificadores) es óptimo para aplicaciones de baja y mediana capacidad y es un complemento para el BSC/TRC, especialmente en áreas rurales y suburbanas. Puede servir hasta 300 TRX's. El TRC independiente es colocado en el MSC/VLR para incrementar la eficiencia de transmisión. Un TRC independiente puede soportar hasta 16 BSC's remotas.

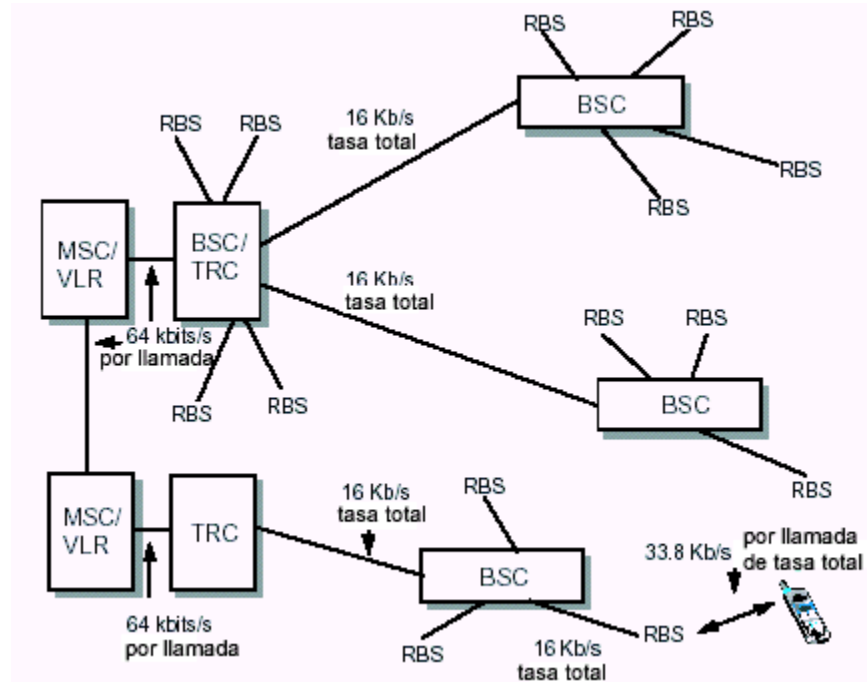


Figura 2-18 Utilización del TRC y las tasas de transmisión en el BSS

Estaciones base de radio.

La BTS definida en GSM es implementada por medio de las estaciones base de la serie 2000 de Ericsson. Incluye las siguientes estaciones base de radio (RBSs):

- RBS 2101.
- RBS 2102.
- RBS 2103.
- RBS 2202.
- RBS 2601.
- RBS 26022

Otro equipo de acceso de la red.

Muchas redes móviles incluyen equipo adicional para proporcionar cobertura mejorada. Ejemplos de tales equipos incluyen:

- Repetidores: estos son colocados a lo largo de la red de acceso para repetir la señal digital desde el MS y la BTS. Esto ayuda a reducir el BER y así proporcionar llamadas de calidad a los suscriptores. Una colocación típica para un repetidor puede ser en lo alto de un edificio.
- Cable de difusión: Este es simplemente un cable que porta la energía electromagnética, el cual tiene orificios en él para radiar la señal en intervalos regulares. Esto puede ser recomendable en áreas que son difíciles de cubrir usando equipo de estación base tradicional. Por ejemplo, un cable de difusión puede usarse para proveer cobertura de un sistema de tren subterráneo.

Controlador de transcodificador (TRC).

Funciones del TRC.

Las funciones principales de un TRC son realizar la transcodificación y realizar la adaptación de la tasa de transmisión de datos.

Transcodificación es la función de convertir la información del codificador PCM (después de la conversión de A/D) a la información del codificador de voz GSM. Esta función se presenta tanto en el MS como en el BSS.

Adaptación de tasa de transmisión de datos.

La adaptación de tasa de transmisión involucra la conversión de información que llega del MSC/VLR a una tasa de transmisión de 64 Kbits/s, a una tasa de transmisión de 16 kbits/s que es la tasa transmisión de la BSC (para una llamada de tasa completa). Estos 16 kbits/s contienen 13 kbits/s de tráfico y 3 kbits/s de información de señalización.

Esta es una función importante. Sin la adaptación de la tasa de transmisión los enlaces a las BSC's requerirían cuatro veces la capacidad de tasa de transmisión de datos. Estas capacidades de transmisión forman una parte costosa de la red. Con la reducción de la tasa a 16 Kbits, es posible usar un cuarto de los enlaces de transmisión y equipo.

En los sistemas GSM de Ericsson, el TRC contiene unidades que realizan la transcodificación y la adaptación de la tasa de transmisión. Estas unidades hardware se llaman *unidades de adaptación de tasa y transcodificación* (TRAU's).

Todos los TRAU's están concentrados, lo que significa que cualquier BSC conectada al TRC puede requerir el uso de uno de los TRAU's para una llamada particular.

El TRC soporta también la transmisión discontinua. Si se detectan pausas en la conversación, se genera ruido de comodidad por el TRAU en dirección del MSC/VLR.

Implementación del TRC.

El TRC esta implementado en una plataforma AXE (figura 2-19) que consiste de los subsistemas APZ y APT, que se explicaran en el punto 2.3 de este capítulo, y de los siguientes subsistemas APT:

Subsistema	Funciones
ROS: subsistema de mantenimiento y operación de radio.	Manejo de la red transmisión.
RTS: subsistema de transporte y transmisión de radio.	Manejo de los TRAU

Tabla 2-7 Subsistemas del TRC

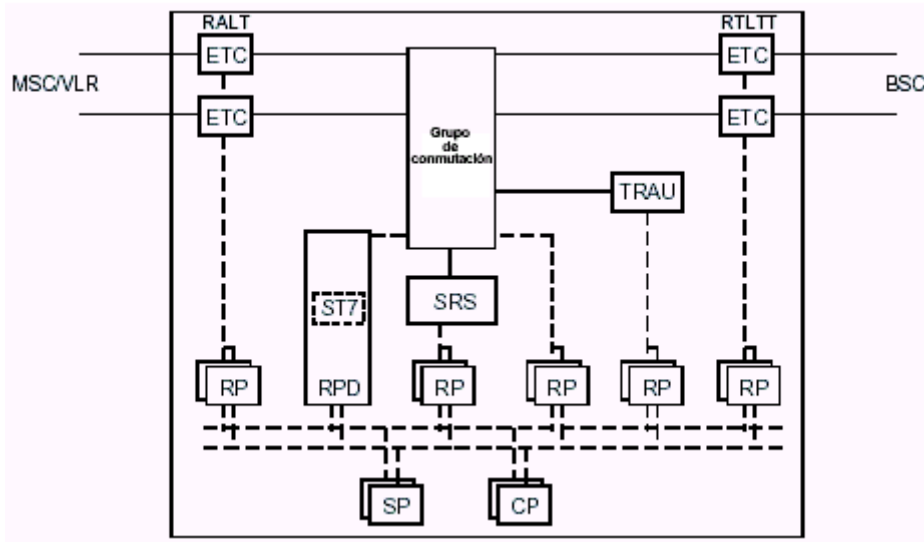


Figura 2-19 Configuración de hardware del TRC.

CP: procesador central
 ST-7: terminal de señalización 7
 SRS: conmutador de sub tasa
 TRAU: unidad de adaptación de tasa y transreceptor
 ETC: circuito de terminal de central
 RP: procesador regional
 SP: procesador de soporte

El hardware que está especificado para el TRC es el TRAU.

Controlador de la estación base BSC.

Funciones del BSC. El BSC controla la mayor parte de la red de radio. Su tarea más importante es asegurarse de la utilización total de los recursos de radio. Las áreas funcionales principales del BSC son:

- Manejo de la red de radio.
- Manejo de la RBS.
- Manejo del TRC.
- Manejo de la red de transmisión.
- Manejo y operación interna del BSC.
- Manejo de las conexiones del MS.

Manejo de la red de radio.

El manejo de la red de radio incluye las siguientes tareas:

- Administración de los datos de la red de radio que incluye:
 - Datos de descripción de célula (por ejemplo, identidad de célula, número de canal BCCH, máxima y mínima salida de potencia en la célula, tipo de RBS, etc.).
 - Datos de información del sistema (por ejemplo información acerca si la célula está o no bloqueada para el acceso, la máxima potencia de salida permitida en la célula, identidades de canal BCCH en las células vecinas).
 - Datos de localización (por ejemplo la clasificación jerárquica de célula usada en el HCS y las situaciones de carga de tráfico).

- Tráfico y eventos de medición: por ejemplo el número de los intentos de llamada, congestión, niveles de tráfico de la célula, niveles de tráfico para un MS, número de handovers, número de conexiones caídas, etc.).
- Mediciones de canal ocioso: la RBS registra estadísticas desde los MS's acerca de la potencia y calidad de la señal. Estas estadísticas son entonces usadas durante el proceso de asignación de canal, para que un canal con baja interferencia sea asignado a una llamada.

Manejo de la RBS.

La implementación de la RBS está orientada a transreceptores, asegurando buenas características de redundancia. Esto significa que lo menos que sea posible del equipo es común a varios transreceptores.

Esta filosofía inevitablemente dirige a una relación maestro esclavo entre la BSC y los transreceptores en la RBS. Un modelo lógico de la RBS está elaborado dentro el BSC y el equipo de RBS puede estar lógicamente definido, conectarse y desconectarse.

Las principales tareas de manejo de la RBS son:

- Configuración de RBS: esto involucra la asignación de frecuencias para las combinaciones de canal y niveles de potencia para cada célula de acuerdo al equipo disponible. Si el equipo falla causando la pérdida de canales importantes, la reconfiguración del equipo restante se activa, sacrificando canales de menor importancia.
- Manejo del software de RBS: esto involucra el control de la carga de los programas.
- Mantenimiento del equipo de la RBS: las fallas de la RBS y alteraciones son grabadas y registradas continuamente.

Manejo de TRC.

Aunque los TRAU's están localizados en el TRC, el BSC, como controlador de los recursos de radio de la red GSM, coordina el origen de un TRAU para una llamada.

Durante la instauración de la llamada, el BSC instruye al TRC para asignar un dispositivo TRA (transcodificación y adaptador de tasa) a la llamada. Si uno está disponible, el TRC confirma la asignación del dispositivo TRA. El dispositivo TRA se considera bajo el control del BSC por la duración de la llamada.

Manejo de la red de transmisión.

La red de transmisión para un BSC incluye los enlaces que se tienen con los MSC/VLR's y las RBS's. Esto involucra el manejo de la interfaz de transmisión. Proporciona las funciones para la administración, supervisión, prueba y localización de fallas de los enlaces para las RBS's. El BSC configura, asigna y supervisa los circuitos de 64 kbits/s de los enlaces de PCM para la RBS. También controla directamente un interruptor remoto en la RBS que habilita la utilización eficiente de los circuitos de 64 kbits/s.

Mantenimiento y operación interna del BSC.

Las tareas de operación y mantenimiento pueden ser realizadas localmente en el BSC o remotamente desde el OSS. El mantenimiento y la operación interna del BSC involucra las siguientes operaciones:

- Mantenimiento de TRH: la administración, supervisión y prueba de los manejadores de transceptor (TRH) es realizada en el BSC. El TRH consiste tanto de hardware como de software. Un TRH está localizado en un *procesador regional para el grupo de conmutación* (RPG). Un RPG de esta manera sirve a varios transceptores. Puede haber varios RPG's en el BSC.
- Control de carga de procesador en el BSC: esta función asegura que durante situaciones de sobrecarga de procesador, pueden manejarse aun un gran número de llamadas por el BSC. Si se acepta una gran cantidad de llamadas, los requerimientos de tiempo real tales como los tiempos de instauración de llamada pueden no cumplirse. Para prevenir esto, algunas llamadas necesitan rechazarse en situaciones de alta carga. Las llamadas ya aceptadas por el sistema se les da el servicio completo y no son afectadas por la situación de sobrecarga.

Manejo de las conexiones de MS.

Instauración de llamada.

La instauración de la llamada involucra los siguientes procesos

- Voceo: el BSC envía mensajes de voceo a las RBS's definidas dentro de la LA deseada. La situación de carga en el BSC es verificada antes que el comando de voceo sea enviado a la RBS.
- Instauración de la señalización: durante la instauración de la llamada, la conexión del MS se transfiere a un SDCCH asignado por el BSC. Si el MS inició la conexión, el BSC verifica su carga en el procesador antes que la solicitud tome aun más proceso.
- Asignación de canal de tráfico. Después de la asignación del SDCCH, el procedimiento de la instauración de llamada continua con la asignación de un TCH por el BSC. Cuando esto sucede las funciones de supervisión de canal de radio en el BSC son informadas que se le ha ordenado al MS cambiar canales. Si todos los TCH's en la célula están ocupados se puede hacer un intento de utilizar un TCH en la célula vecina.

Durante la llamada.

Las funciones principales del BSC durante la llamada son:

- Control de potencia dinámico en el MS y la RBS: la BSC calcula adecuadamente la salida de potencia basado en las mediciones recibidas del uplink y downlink. Estas son enviadas a la BTS y el MS cada 480 ms para mantener una buena calidad de conexión.
- Colocación: esta función evalúa continuamente la conexión de radio del MS, si es necesario, sugiere un handover a otra célula. La decisión está basada en los resultados de las mediciones del MS y la BTS. El proceso de colocación es ejecutado en el BSC.
- Handover: si la función de colocación decide que debe de realizarse un handover, el BSC decidirá entonces a qué célula realizar el handover e inicia el proceso de éste. Si la célula pertenece a otro BSC, el MSC/VLR debe involucrarse en el handover. Sin embargo, en un handover, el MSC/VLR es controlado por el BSC. El MSC no realiza ninguna de las decisiones de handover debido a que este no tiene información de tiempo real acerca de la conexión.
- Salto de frecuencia: dos tipos de salto son soportados por el BSC:

Salto en banda base: esto involucra el salto entre frecuencias en diferentes transreceptores en una célula.

Salto de sintetizador: esto involucra salto de frecuencia a frecuencia en el mismo transreceptor en una célula.

Implementación del BSC.

El BSC esta implementado sobre una plataforma AXE (figura 2-20), que consiste de subsistemas APZ y APT estándar que se explicaran en el punto 2.3 de este capítulo y los subsistemas APT mostrados en la tabla 2-8.

Subsistemas	Funciones
RCS: Subsistema de control de radio	Manejo de la red de radio. Manejo de conexiones de MS.
ROS: Subsistema de mantenimiento y operación de radio.	Manejo de la red de transmisión . Mantenimiento y operación interna del BSC.
RTS: Subsistema de transporte y transmisión de radio.	Manejo del TRC.
TAS: Subsistema de administración de transreceptores.	Manejo de la RBS.
LHS: Subsistema de manejo de enlaces.	Manejo de la red de transmisión.

Tabla 2-8 Subsistemas del BSC

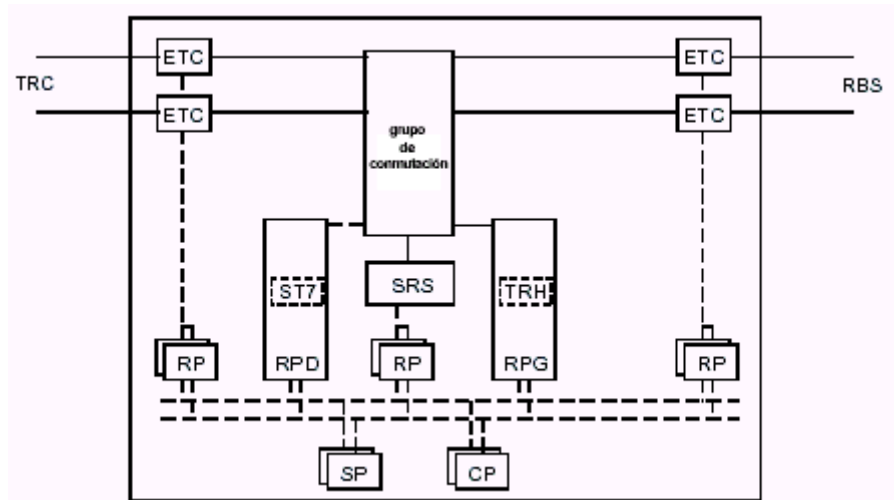


Figura 2-20 Configuración de hardware del BSC

TRH: Administrador de transreceptores.

Para los demás elementos ver la figura 2-19

El hardware que es específico a el BSC es el *procesador regional del grupo de conmutación* (RPG)/*manejador de transreceptor* (TRH).

BSC/TRC.

Es posible combinar la función del TRC y el BSC en un nodo de AXE. Los subsistemas en un BSC/TRC son los mismos que aquellos usados en el BSC independiente. El hardware que es específico para el BSC/TRC es RPG/TRH y TRAU

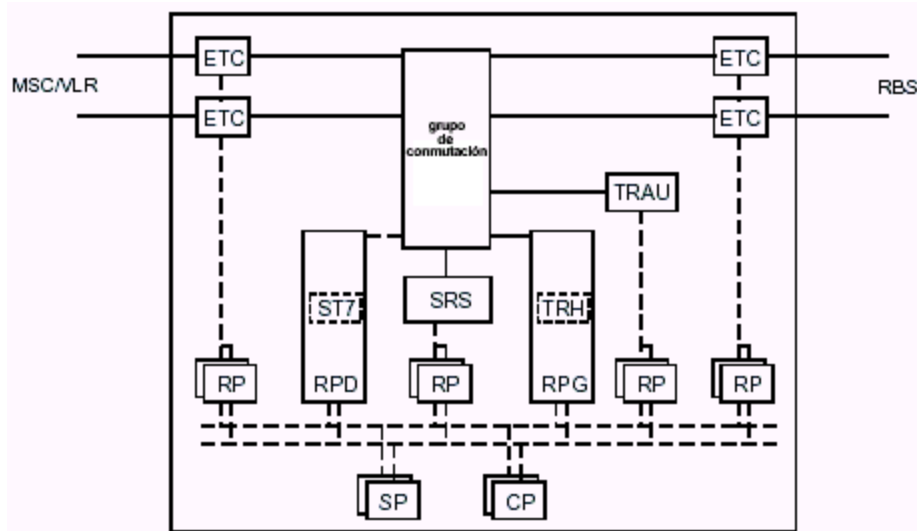


Figura 2-21 Configuración de Hardware del BSC/TRC

Estación base de radio (RBS).

Una RBS incluye el equipo de interfaz de transmisión y radio necesarios en un sitio para proporcionar la radio transmisión para uno o varias células.

En el capítulo 3 se describirá más detalladamente a la estación de radio base.

2.2 Distribución geográfica de la red GSM.

Cada red de telefonía necesita una estructura específica para el enrutamiento de las llamadas entrantes a la central correcta y por lo tanto al suscriptor. En una red móvil, esta estructura es muy importante porque los suscriptores son móviles. Como los suscriptores se mueven a través de la red, estas estructuras se usan para monitorear su posición[4].

Célula.

Una célula es una unidad básica de una sistema celular y está definida como el área de cobertura de radio dada por un sistema de antenas de la estación base (figura 2-22). Cada célula está asignada a un número único llamado identidad global de célula (CGI). En la red completa que cubre un país el número de células puede ser muy grande, en el caso de Telcel son aproximadamente 4750 RBS's, donde cada una puede manejar hasta tres células.

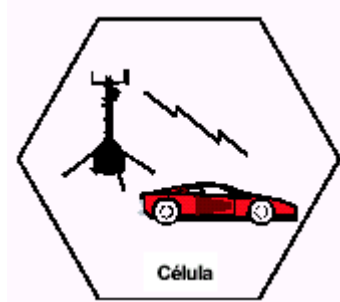


Figura 2-22 La célula como unidad básica

Área de localización (LA).

Un área de localización (LA) está definida como un grupo de células. Dentro de la red, la localización de un suscriptor se conoce por medio de la LA en la cual se encuentra. La identidad del el área de localización dentro de la cual un MS se encuentra localizado en este momento, se almacena en el VLR.

Cuando un MS cruza el límite de una célula que pertenece a una LA y entra a otra célula que pertenece a otra LA, debe reportar su nueva localización a la red; lo cual ocurre sólo cuando el MS se encuentra en modo ocioso, cuando se está realizando una llamada no se hace la actualización aun cuando se cambie de área de localización. Cuando un MS cruza el límite de célula dentro de una LA, este no necesita reportar su nueva localización a la red. Cuando hay una llamada para el MS, un mensaje de voceo se difunde dentro de todas las células que pertenecen a una LA.

Área de servicio del MSC.

El área de servicio del MSC (figura 2-23) está compuesto de un cierto número de LA's y representa la parte geográfica de la red controlada por éste. Para poder hacer el enrutamiento de una llamada al MS, el área de servicio del MSC del suscriptor también se registra y verifica. El área de servicio del MSC del suscriptor se almacena en el HLR.

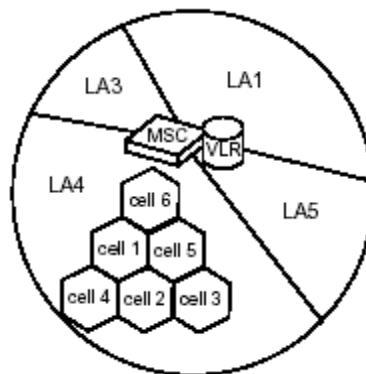


Figura 2-23 Área de servicio del MSC

Área de servicio de la PLMN.

El área de servicio de una red móvil terrestre pública (PLMN) es el grupo completo de células servidas por un operador de red y esta definida como el área en la cual un operador ofrece la cobertura de radio y el acceso a su red. En un solo país puede haber varias áreas de servicio de PLMN, una por cada operador de red móvil.

Área de servicio de GSM.

El área de servicio de GSM es el área geográfica total en la cual un suscriptor puede obtener acceso a la red de GSM. El área de servicio de GSM se incrementa entre más operadores acuerdan que sus redes operen juntas. El roaming internacional es el término aplicado cuando el MS se mueve de una PLMN a otra cuando está en el extranjero.



Figura 2-24 Área de servicio GSM

Las siguientes figuras muestran vistas alternativas de la misma red:

- La figura 2-25 muestra los nodos de la red y su distribución a través de ésta. Por simplicidad, se puede referir a esta como una vista del hardware de la red.
- En la figura 2-26 se muestra la configuración geográfica de la red. Por simplicidad, se puede referir a esta como la vista de software de la red.

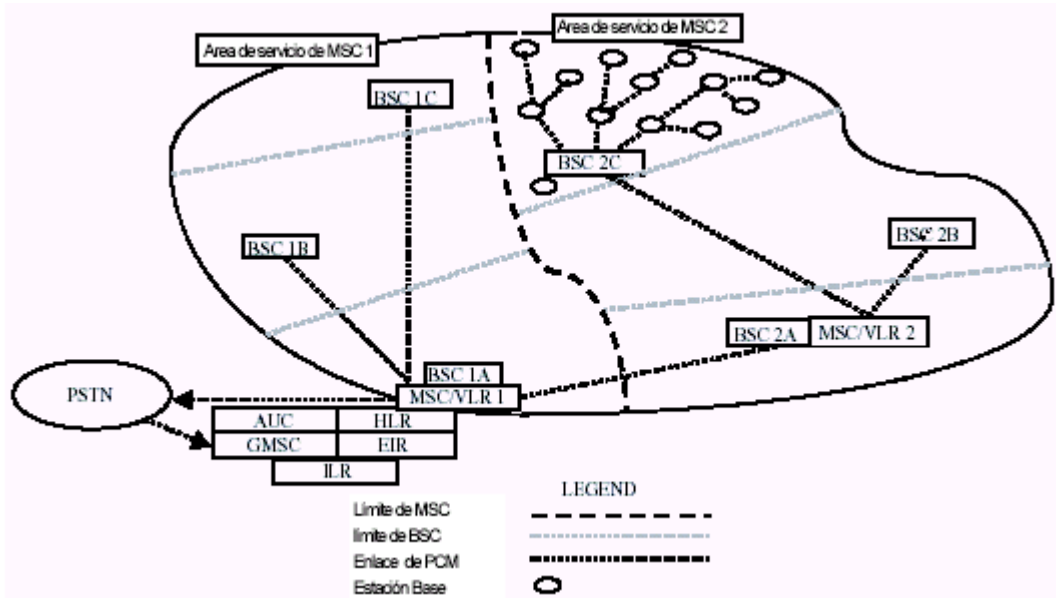


Figura 2-25 Vista de hardware de la red

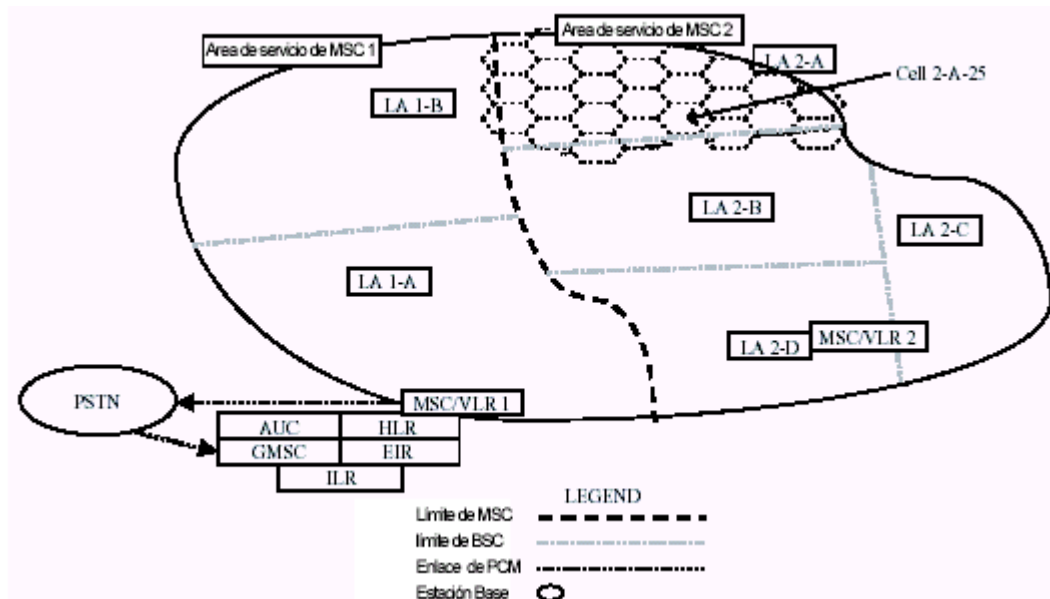


Figura 2-26 Vista del software de la red

2.3 Introducción a AXE (automatic exchange electric)

AXE es un producto de conmutación digital ampliable para las redes de telecomunicaciones publicas. Tiene la capacidad de procesamiento en tiempo real y puede manejar tráfico intenso. AXE esta basado en un modelo en el cual la funcionalidad total (conmutación, suscriptores y acceso a la red, operación y mantenimiento, control de tráfico y control de carga) es manejado por cada nodo en la red [5].

AXE como una plataforma de aplicación múltiple.

Cuando AXE fue introducido al mercado sólo soportaba la aplicación mayor de telecomunicaciones PSTN. Desde entonces AXE se ha desarrollado continuamente en respuesta a las demandas de

las telecomunicaciones modernas. AXE soporta un amplio rango de aplicaciones además de la PSTN como son:

- ISDN.
- PLMN.
- Comunicaciones de negocios.

Haciendo notar que éstas son redes de señalización y redes inteligentes (IN), que AXE puede soportar. AXE proporciona funcionalidad en diferentes niveles de estas redes.

AXE en los sistemas GSM de Ericsson.

Los sistemas de Ericsson están basados en AXE. Esto significa que las características y servicios incorporados en AXE puede proporcionarse como estándares dentro de CME 20/CMS 40. Esto también significa que los sistemas GSM de Ericsson se beneficiaran de los desarrollos futuros de AXE. Los nodos de los sistemas GSM de Ericsson basados en AXE son:

- MSC/VLR.
- GMSC.
- HLR.
- ILR.
- SSP:
- SCP:
- TRC:
- BSC.

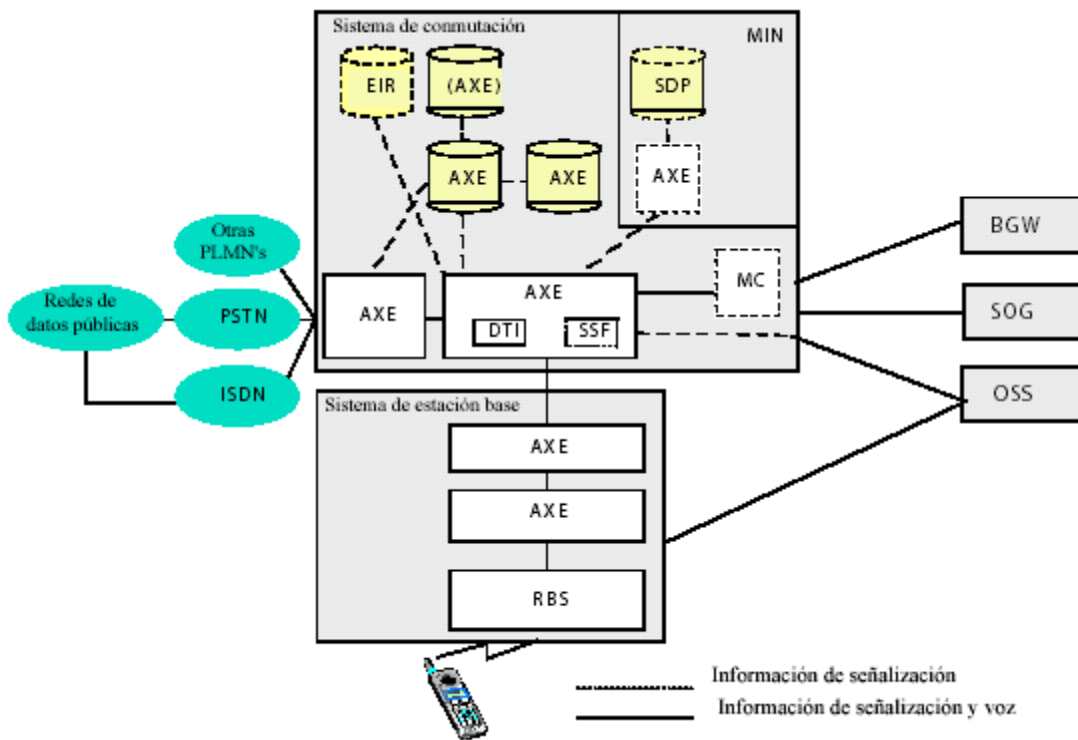


Figura 2-27 Desarrollo en la red CME 40

2.3.1 Arquitectura del sistema AXE.[5]

La razón por la cual el sistema AXE es tan exitoso es su flexibilidad y composición por módulos. Esta composición por módulos le permite a AXE adaptarse de manera rápida a los cambios que requiere la red o los usuarios terminales. Lo que significa un manejo fácil que lleva a reducir costos y la flexibilidad para adaptarse a los cambios.

La composición por módulos puede hacerse de varias formas diferentes, las cuales se describen a continuación:

Funcional: AXE está diseñado de tal manera que aquellos nodos con diferentes funciones pueden estar generados por el mismo sistema. Por ejemplo, un AXE puede actuar como un MSC/VLR o como un HLR. Esto puede ser posible, debido la composición por módulos del hardware y software.

Software: AXE consiste de un grupo de bloques de construcción independientes (conocidos como bloques de función), cada uno de los cuales lleva a cabo una función específica y la comunicación con las demás por medio de señales definidas e interfaces. La composición por módulos de software significa que los bloques de función pueden ser anexados, borrados o modificados sin requerimientos de cambios o rediseño de otras partes del sistema.

Hardware: El ensamblado físico de AXE ofrece un alto grado de flexibilidad y esta basado en especificaciones industriales estándar. El sistema de ensamblado contribuye a facilitar el manejo durante el diseño, la manufactura, la instalación, la operación y el mantenimiento. Los bloques básicos de construcción del sistema de ensamblado son las unidades de conexión y los contenedores para estas unidades son los *subracks*. Las unidades de conexión pueden ser remplazadas o removidas sin causar disturbios en otro equipo.

Tecnología: AXE es una plataforma de conmutación ampliable. Permitiendo que nuevas tecnologías y funciones sean anexadas, habilitando el continuo desarrollo de AXE. Por ejemplo, AXE no fue originalmente creada para aplicaciones móviles, pero cuando la telefonía móvil fue desarrollada, AXE probó ser la plataforma más compatible.

Estructura de AXE

Hay actualmente dos tipos básicos de estructura para AXE (figura 2-28):

- Sistemas AXE no basados en módulos de aplicación. (AXE 105)
- Sistema AXE basado en módulos de aplicación. (AXE 106)

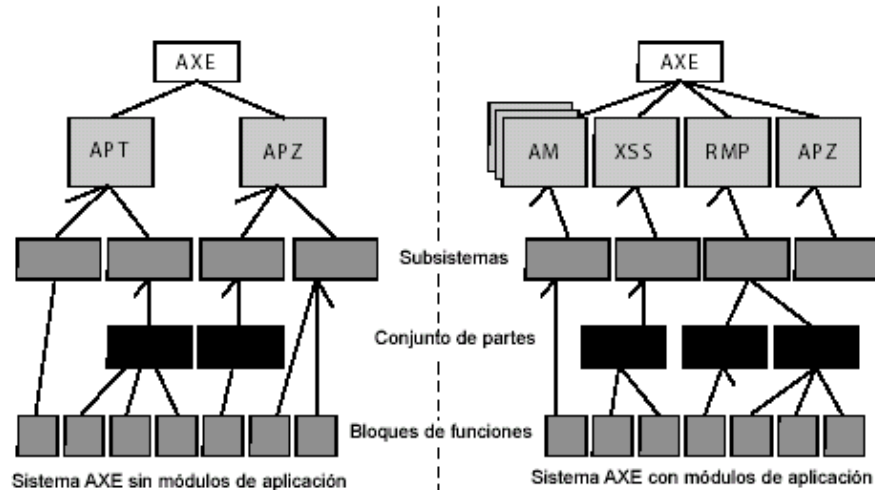


Figura 2-28 Estructuras básicas de AXE

Sistemas AXE sin módulos de aplicación.

Un ejemplo de un nodo AXE, el cual está implementado sin usar la composición por módulos de aplicación es la BSC.

Nivel 1 de sistema:

El nivel 1 de sistema, es un sistema AXE 105 en sí mismo, y es una combinación de sistemas de nivel 2 de sistema.

Nivel 2 de sistema:

En el nivel 2 de sistema, AXE está dividida en dos:

- APT: Es la parte de aplicaciones de conmutación y telecomunicaciones AXE.
- APZ: Es la parte del sistema de control u operación del AXE.

Nivel de subsistemas:

Cada AXE es una combinación de subsistemas APT y APZ. Las funciones similares están agrupadas en un subsistema.

Conjunto de partes:

Si se requiere, un conjunto de partes puede usarse entre el nivel de subsistemas y el nivel de bloques de funciones. Esto agrupa un conjunto de bloques de funciones los cuales llevan a cabo tareas relacionadas a una función similar.

Nivel de bloque de función:

Las tareas asignadas para un cierto subsistema son además divididas dentro de bloques de funciones individuales. Cada bloque de función constituye una unidad bien definida con sus propios datos y con una señal de trabajo mutuo estandarizada.

Nivel de unidades de función:

Cada bloque de función está constituido por unidades de función, hay tres tipos de unidades de función:

- Unidad de hardware.
- Unidad regional de software, en la cual realiza trabajos como el examinar dispositivos del hardware.
- La unidad de software central es responsable de las funciones de análisis más complejas, como por ejemplo el establecimiento de la llamada.

Un bloque de función puede consistir de los tres tipos de unidades de función o sólo de una de software central.

Sistemas AXE basados en la composición por módulos de aplicación.

La composición por módulos de aplicación es un conjunto de normas bien definidas para la construcción e implementación de las aplicaciones del software de AXE. Un ejemplo de un nodo AXE el cual está implementado usando la composición por módulos de aplicación es el MSC/VLR.

La estructura de la composición por módulos de aplicación está basada en las normas usadas en las redes de telecomunicaciones. Por ejemplo, para proveer servicio a los usuarios terminales, los nodos de la red deben ser capaces de interactuar con cada uno de ellos. Esta interacción se logra por el uso de protocolos e interfaces. De manera similar cada módulo de aplicación (AM) es un producto autocontenido y es efectivamente desacoplado de otros módulos de aplicación. Para la comunicación entre los módulos de aplicación hay interfaces y protocolos. Los módulos de aplicación pueden introducirse, removerse o actualizarse sin afectar otras aplicaciones asociadas.

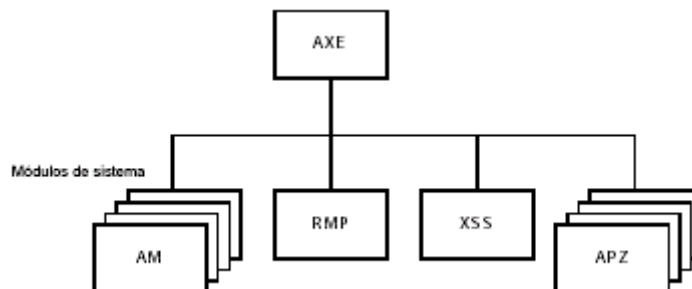


Figura 2-29 Estructura del sistema AXE.

Nivel 1 de sistema:

El nivel 1 de sistema es un sistema AXE 106 en sí mismo y es una combinación de módulos de sistema.

Módulos de sistema:

AXE 106 contiene los siguientes módulos de sistema:

- APZ.
- Sistema de fuente existente (XSS).
- Plataforma de módulos de recurso (RMP).
- Módulos de aplicación.

APZ: el APZ es el sistema de operación y control de AXE. Es el responsable de la operación de las funciones del sistema. Las funciones E/S, las funciones de servicio, etc.

XSS: el XSS es una APT adaptada para el uso en AXE con composición por módulos de aplicación. El XSS esta dividida en dos partes principales:

- Core APT (C/APT): Tiene la característica de ser común a todos los sistemas móviles que ofrece Ericsson.
- 1/APT: Tiene la funcionalidad de ser específico para el sistema GSM de Ericsson (CME 20 y CME 40).

RPM: Este hardware coordina el sistema para los módulos de aplicación. Todo el hardware requerido por los módulos de aplicación lo provee la RPM. Este hardware debe de estar localizado en ambas, RPM y XSS.

Módulos de aplicación.

Un módulo de aplicación se usa para modelar e implementar funciones de aplicación orientada. Un ejemplo es el módulo de aplicación de función de control de servicio (SCFAM) los cuales implementan las funciones del MIN. Los módulos de aplicación que existen en el sistema GSM de Ericsson están listados en la tabla 2-9. Un módulo de aplicación consiste de subsistemas y bloques de funciones.

Título.	Descripción de la función.
Módulo de aplicación del HLR (HLRAM)	Este módulo de aplicación es responsable del

	almacenamiento y datos de suscripción en el HLR.
Módulo de aplicación de formateo y salida de información (FOAM)	El FOAM es el responsable de dar formato y salida a la información de carga. Los datos de carga son colectados por el servicio de carga en el RMP. El FOAM recupera estos datos y les da formato según los requerimientos del proveedor del servicio. Separando el arreglo y la salida de la información de carga, de la generación de los datos de carga, los aspectos de las especificaciones de mercado pueden ser manejadas de manera más efectiva.
Módulo de aplicación de la función de conmutación de servicios (SSFAM).	Este módulo de aplicación provee al MIN de la funcionalidad de la conmutación de servicios.
Módulo de aplicación del control de servicios (SCFAM)	Este módulo de aplicación provee al MIN de la funcionalidad del control de servicios.
Módulo de aplicación de operación de sistema y mantenimiento (SYSSOMAM)	Este módulo de aplicación es responsable de la amplitud de operación del sistema y de las funciones de mantenimiento.
Módulo de aplicación de servicio de acceso digital (DASAM).	Este es responsable de proveer el acceso de tasa primaria (PRA) y el acceso de tasa básica (BRA) en el MSC/VLR, que incluye servicios tales como los de la red ISDN.
Módulo de aplicación de los servicios de usuarios de la red ISDN (IUSAM).	El IUSAM implementa los servicios de usuarios de la red ISDN
Módulo de aplicación de operación y mantenimiento de la ISDN (ISOMAM).	Este módulo de aplicación implementa las actividades de operación y mantenimiento para la aplicación de ISDN dentro de el MSC/VLR.
Módulo de aplicación de entrada de acceso directo (DAGAM).	Provee de acceso directo a los servicios de Internet en el MSC/VLR lo cual incluye sus capacidades.

Tabla 2-9 Módulos de aplicación en el sistema GSM

Interfaz de servicios de aplicación de plataforma (APSI).

La interfaz de servicios de plataforma de aplicación (APSI) es una interfaz del sistema que ofrece servicios del tipo cliente-servidor a otras aplicaciones. Los servicios del APSI son implementados en el RMP o XSS. Estos servicios son necesarios para coordinar el uso de los recursos comunes entre los diferentes módulos de aplicación. Un ejemplo de un servicio de este tipo es la parte central de conmutación de AXE llamado *grupo de conmutación* (GS).

Arquitectura del sistema de control.

Otro factor importante detrás de la flexibilidad de AXE es la arquitectura del sistema de control. AXE es una central con un programa de control almacenado (SPC). Esto es, los programas almacenados en la computadora de AXE controlan la operación del equipo de conmutación. Este es un sistema de dos niveles con control central y distribuido. Este método ofrece confiabilidad y eficiencia en el manejo de llamadas.

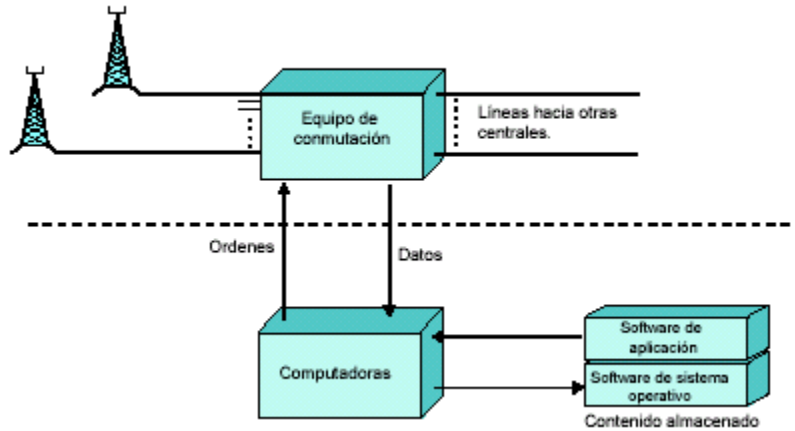


Figura 2-30 Central SPC

El sistema de control APZ, es un sistema de dos niveles con lógica distribuida y centralizada. El nivel de procesamiento central consiste de un procesador central (CP) duplicado trabajando en modo síncrono paralelo. En el nivel distribuido hay un número determinado de procesadores regionales (RP) trabajando en pares.

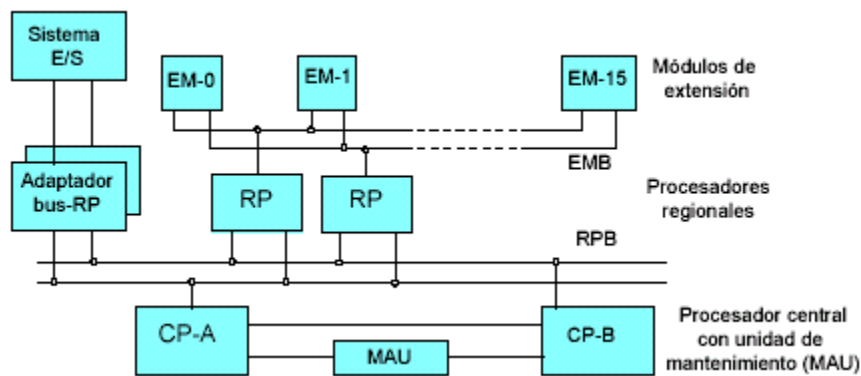


Figura 2-31 Arquitectura de hardware de AXE

Los RP's controlan unidades de hardware llamadas Módulos de Extensión (EM). Un par RP puede controlar 16 EM's. El número de pares EM's conectados a un par RP depende de la complejidad de las tareas que vayan a ser realizadas. A más capacidad requerida de los RP, menos número de EM's pueden ser conectados.

El sistema de entrada/salida (E/S) provee conexiones con los dispositivos de E/S como son: terminales, impresoras, display de alarmas, datalink, discos flexibles, disco duro y cintas magnéticas. El sistema de E/S realiza todas las funciones de entrada/salida y varios procesos de mantenimiento y administrativos.

Subsistemas de aplicaciones de telecomunicaciones.

La tabla 2-10 menciona de manera breve algunos de los subsistemas AXE con aplicaciones de telecomunicaciones APT. Se describen posteriormente los mas importantes, en forma mas detallada.

Subsistema	Nombre.	Función.	Línea de producto.
CCS	Subsistema de señalización de canal común.	Maneja la señalización SS7	Todos los nodos AXE
CHS	Subsistema de carga	Provee las funciones de cargo y cuenta.	MSC/VLR, GMSC.
CHSS	Subsistema de carga de servicio	Coordina el cargo en el sistema AXE 106.	MSC/VLR, GMSC
DTS	Subsistema de transmisión de datos	Provee servicios de modo de paquete para el acceso básico del canal de tráfico D de la ISDN:	MSC/VLR, GMSC
ESS	Subsistema de conmutación extendido.	Provee de conexiones múltiples y mensajes.	MSC/VLR, GMSC
GSS	Subsistema de conmutación de grupo.	Organiza, supervisa y aclara las conexiones a través del grupo de conmutación. Provee de sincronización.	MSC/VLR, GMSC, TRC y BSC.
HRS	Subsistema de registros de usuarios de la red.	Almacena las subscripciones de los usuarios.	HLR
MDS	Subsistema de datos de los móviles.	Administra los datos del VLR.	MSC/VLR, GMSC
MMS	Subsistema de movilidad y radio de los móviles.	Maneja la red de radio y las conexiones para con los móviles.	MSC/VLR, GMSC
MSS	Subsistema de conmutación de móvil.	Maneja el tráfico para y desde los usuarios móviles.	MSC/VLR, GMSC
NMS	Subsistema de manejo de la red.	Asiste el manejo de la red por medio de la provisión de estadísticas y controles del flujo de tráfico.	MSC/VLR, GMSC
OMS	Subsistema de operación y mantenimiento.	Provee de mantenimiento y supervisión de la central.	MSC/VLR, GMSC, HLR
RCS	Subsistema de control de radio.	Controla la red celular así como también los parámetros de célula.	BSC, TRC.
RMS	Subsistema de medición remota.	Habilita las pruebas remotas	MSC/VLR
ROS	Subsistema de operación y mantenimiento de radio	Es responsable de las interfaces de transmisión para la BTC/TRC	BSC
RTS	Subsistema de transmisión y transporte de radio.	Controla las funciones de transmisión para y con la BSC.	BSC, TRC
SHS	Subsistema de manejo de mensajes cortos	Maneja todos los aspectos de la SMS.	MSC/VLR
SOMS	Subsistema de mantenimiento y operación del sistema total.	Provee de las funciones mantenimiento y operación en el sistema AXE 106	MSC/VLR, GMSC, HLR
SSS	Subsistema de conmutación de usuarios.	Provee de las funciones de conmutación de acceso a los usuarios	MSC/VLR
STS	Subsistema de medición de tráfico y estadísticas.	Provee de una colección de datos y procesamiento para todos los tipos de manejo de tráfico.	MSC/VLR, GMSC, HLR
TAS	Subsistema de administración de	Responsable de la operación y mantenimiento de la BTS.	BSC, TRC
TCS	Subsistema de control de tráfico.	Responsable del establecimiento de la llamada, de la supervisión y aclaración.	MSC/VLR, GMSC
TSS	Subsistema de señalización y troncal	Provee de enlaces de enlaces troncales a otras centrales y recursos de señalización.	MSC/VLR, GMSC

Tabla 2-10 Subsistemas de aplicación

Subsistema de control de tráfico.

El subsistema de control de tráfico (TCS) consiste de varios bloques de funciones y esta comprendidos sólo de software, figura 2-32. Sus funciones básicas son:

- Establecimiento, supervisión y aclaración de llamadas.
- Análisis de los dígitos entrantes.
- Selección de las rutas de salida.

Función de registro (RE): Este bloque almacena los dígitos entrantes y coordina el procedimiento para establecer la llamada.

Supervisión de llamada y coordinación de funciones (CLCOF): Este bloque se hace cargo desde la RE cuando las llamadas han sido establecidas. Supervisa y limpia la llamada.

Análisis de dígitos (DA): Este bloque contiene tablas para el análisis de dígitos. La acción de análisis de dígitos en el DA recibe el nombre de análisis de número-B.

Análisis de ruta (RA): Este bloque contiene tablas para la selección de rutas de salida (incluye rutas alternativas).

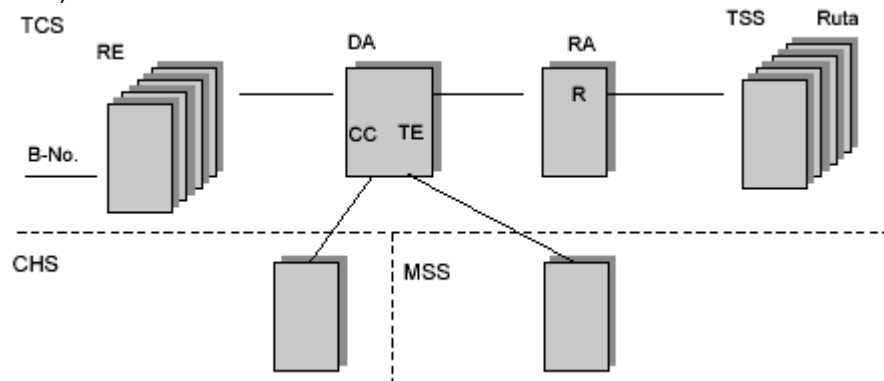


Figura 2-32 Subsistema de control de tráfico

Un ejemplo de interacción comprende diferentes bloques en el TCS.

1. El número B recibido será almacenado en el RE.
2. Los dígitos serán mandados al DA uno por uno, para el análisis. El DA preguntará por los dígitos hasta que los resultados sean obtenidos.
3. Un caso de carga (CC) será enviado a un análisis de carga (CA) en el subsistema de carga.
4. La información de ruteo será una de las siguientes.
 - Una llamada de salida: El resultado será un caso de ruteo (RC) el cual apuntará una ruta de salida en el subsistema de señalización y troncal (TSS).
 - Una llamada interna: El resultado será una llamada terminada (TE) el cual dará referencias a el MSS para una llamada a un usuario suscrito.

Subsistema de señalización y troncal (TSS).

El subsistema de señalización y línea troncal (TSS) comprende hardware y software. Este maneja la señalización y la supervisión de conexiones con otras centrales, figura 2-33.

Interfaces de entroncamiento: las líneas de entroncamiento a otras redes están manejadas por los *circuitos de terminal de central* (ETC's), los cuales proveen las interfaces de hardware para los grupos de conmutación. Las tasas de transferencia de datos en las líneas troncales pueden ser de 2.048 Mbits/s o 1.544 Mbits/s, cada una de ellas usando diferentes tipos de ETC.

Interfaces de transmisión hacia la radio base. La transmisión hacia la radio base usa las interfaces digitales de 2.048 Mbits/s o 1.544 Mbits/s.

Eliminador de eco ECPOOL.

En las redes de telefonía hay diferentes fuentes de eco. En las redes fijas el eco puede notarse si los enlaces satelitales son usados para la transferencia de voz debido a lo largo de la trayectoria de transmisión hasta el satélite. En los sistemas de telefonía celular se introduce un retraso en el mecanismo de codificación del canal de voz. Los eliminadores de eco se utilizan como su nombre lo indica para minimizar el eco. Los eliminadores de eco utilizados por Ericsson se llaman ECPOOL y esta localizados en la MSC/VLR.

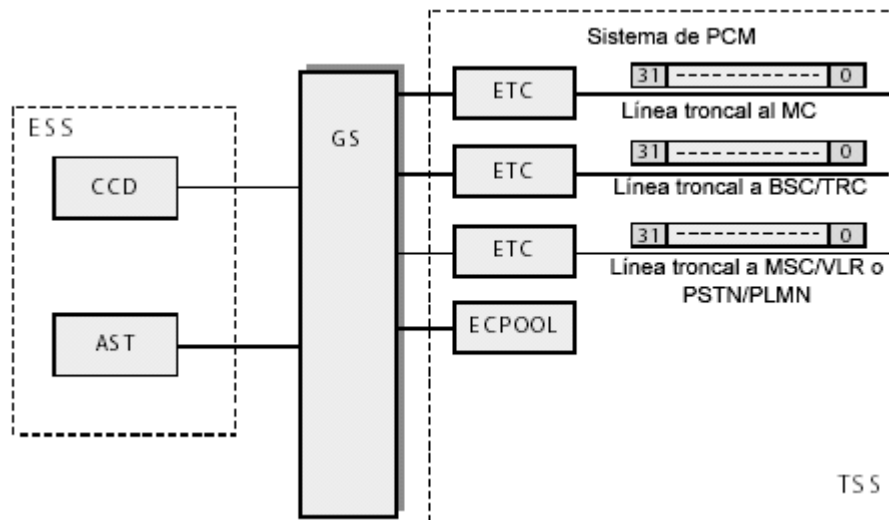


Figura 2-33 Subsistema de señalización y troncal TSS.

Subsistema de señalización de canal común.

El subsistema de señalización de canal común (CCS) está compuesto de software y hardware. Este contiene funciones para la señalización, rutas, supervisión y correcciones de los mensajes enviados en concordancia con el sistema de señalización número 7 (SS7)

Terminales de señalización en el CCS.

Las terminales de señalización (C7ST) para acuerdos de señalización del SS7 están conectadas de manera directa al enlace de señalización de la red. La terminal de señalización está implementada sobre un circuito impreso y cada depósito contiene dos tarjetas.

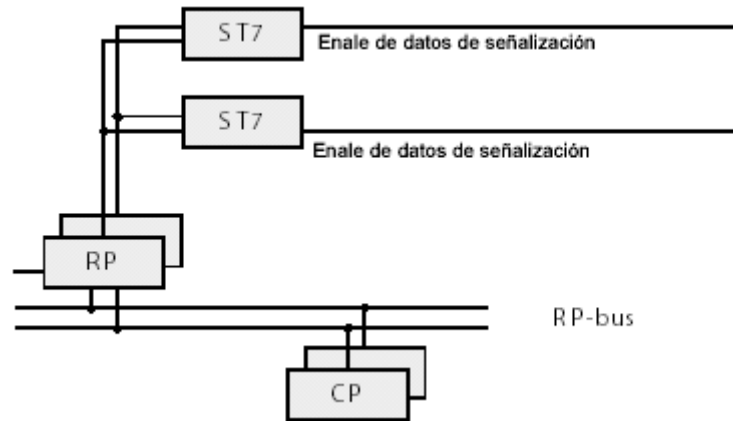


Figura 2-34 Terminales de señalización

Subsistema de conmutación de grupo.

El subsistema de conmutación de grupo (GSS) consiste de funciones de sincronización de red y conmutación, figura 2-35. El GSS es el responsable principal de la selección, conexión y desconexión de señales de voz o trayectoria a través del grupo de conmutación (GS).

Conmutación.

El grupo de conmutación digital es un conmutador tiempo-espacio-tiempo (T-S-T). El módulo de conmutación de tiempo (TSM) consiste de memorias de buffer, y el módulo de conmutación de espacio (SPM) de matrices digitales de puntos cruzados. La red de conmutación es duplicada de manera entera en dos planos separados de trabajo, sincronizados.

Hasta 16 enlaces de PCM (pulse code modulation), cada uno formado por 32 time slots, pueden conectarse a un TSM. Un TSM está construido por 512 posiciones múltiples ($16 \times 32 = 512$).

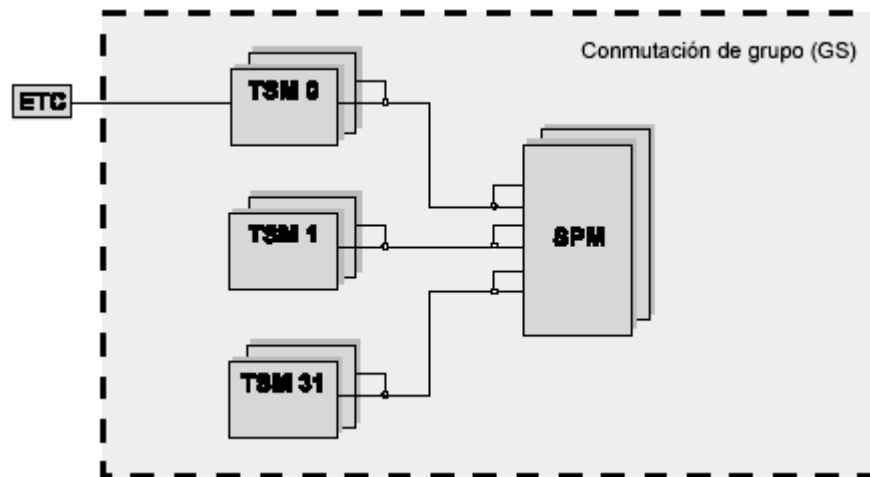


Figura 2-35 Subsistema de conmutación de grupo

Si son usados sistemas PCM de 24 canales, los ETC's especiales adaptan la tasa de 1544 Kb/s a 2048 Kb/s.

Un time slot de PCM está conectado siempre a la misma posición de memoria (punto múltiple) en el TSM. La información digital de entrada, esto es, el time slot de PCM (8 bits), se escribe dentro

del TSM. Este es entonces leído fuera del TSM, conmutado en el SPM, escrito dentro de otro (o el mismo) TSM y enviado en el time slot de PCM a el destino.

Este procedimiento se repite 8000 veces por segundo para cada timeslot en cada dirección. La tasa de tiempo interna en TSM/SPM es más alta que esto debido a que hay 16 sistemas de PCM que se toman en cuenta al mismo tiempo. La tasa de tiempo equivale a 4.096 MHz (8 kHz por 16 sistemas de PCM por 32 timeslots).

El tamaño de la conmutación de grupo puede extenderse como sea necesario, figura 2-36. Varios SPM's pueden ser interconectados para formar una matriz más grande. Esto da una capacidad máxima de conmutación de 64 K posiciones múltiples .

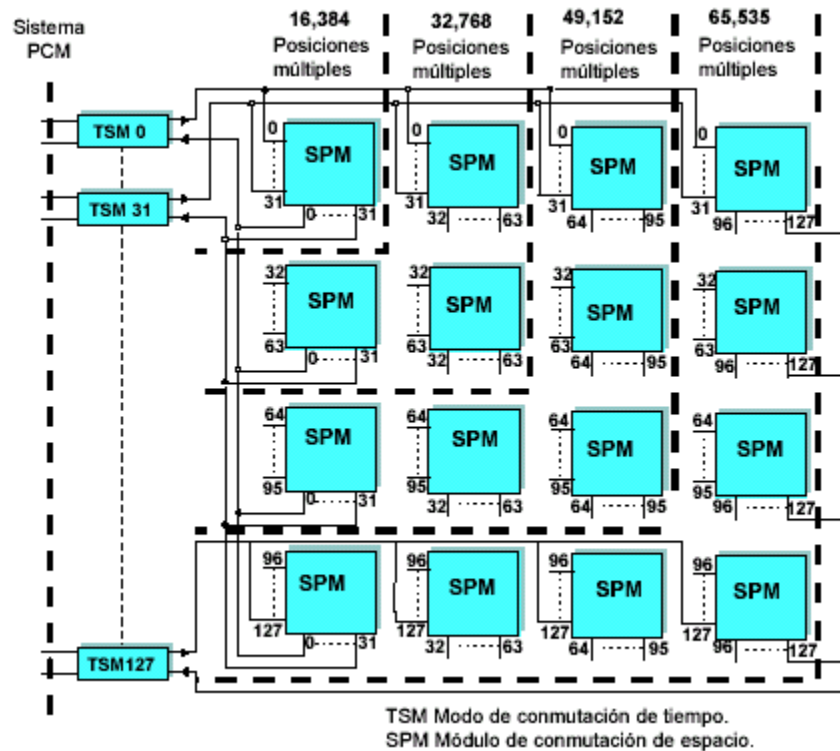


Figura 2-36 Conmutación de grupo completo

Sincronización de la red (NS).

El grupo de conmutación requiere un reloj. La tasa del reloj determina la tasa en que las muestras son leídas o escritas en los almacenamientos de los TSM's. La sincronización de la red contiene módulos de reloj (CLM), triplicados para la fiabilidad, y relojes de referencia.

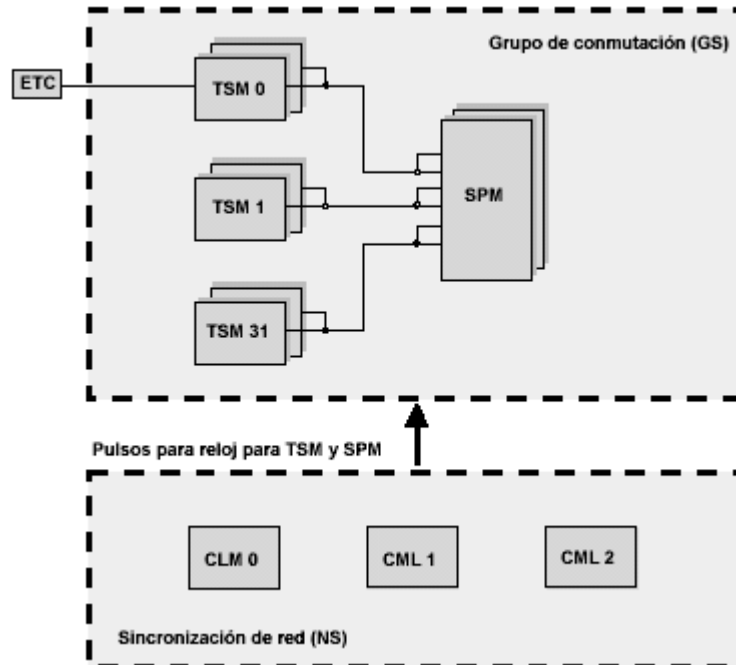


Figura 2-37 Módulos de reloj completos para sincronizar el grupo de conmutación.

Subsistema de cargo. (CSH)

El subsistema de cargo, el cual consiste sólo de software, se utiliza para hacer los cargos de los usuarios, figura 2-38. La función de cargo hace esto posible colectando los datos de las llamadas, de los servicios suplementarios y el uso de estos servicios.

Las llamadas son cargadas por medio del grabado de los datos de cargo (CDR). Esto significa que los datos acerca de cada número entrante, número marcado, fecha, hora, duración de la llamada; son almacenados en cintas o discos.

La colección y salida de los datos puede llevarse acabo en la MSC/VLR de origen de la llamada, en el GMSC o en la MSC/VLR de termino dependiendo del resultado del análisis de cargo. Los datos son almacenados en registros llamados grabados de datos de llamada (CDR's) los cuales son almacenados en el disco duro del AXE. Cuando los datos son requeridos en el edificio de facturación estos salen por medio de enlaces X.25.

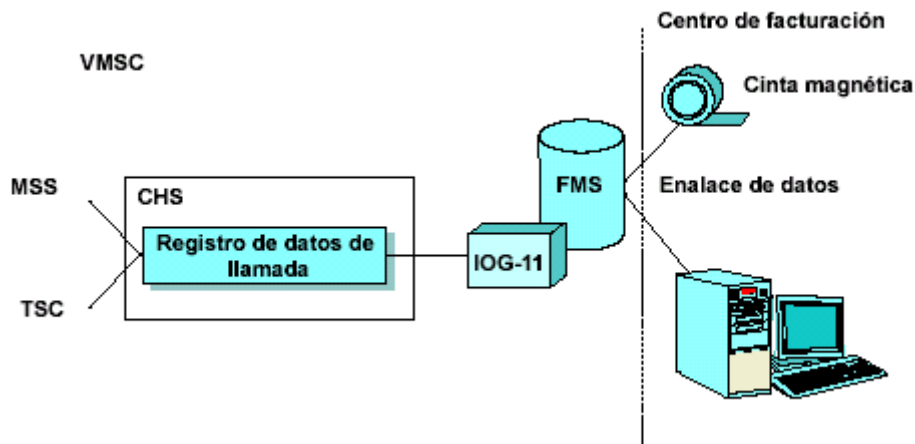


Figura 2-38 Cargo en AXE

Subsistema de operación y mantenimiento (OMS).

El OMS es un grupo de funciones comunes de operación y mantenimiento, a varios subsistemas del sistema de conmutación APT, que han sido colectadas para conformarlo.

Un ejemplo de una función de OMS es el mantenimiento de los circuitos de entronque, incluyendo funciones de supervisión tales como:

- Supervisión de bloqueo.
- Supervisión de detención.
- Supervisión de interrupción.

Entre otras funciones el OMS es responsable de asegurarse que el procesador no se encuentra sobrecargado.

Las funciones de operación y mantenimiento relacionadas a subsistemas específicos, por ejemplo GSS y MSS están implementadas en los subsistemas respectivos. Una versión del OMS adaptada para el uso en el RMP recibe el nombre de OMS-R.

Subsistema de manejo de red.(NMS)

El subsistema de manejo de red (NMS) está constituido sólo por software. El subsistema contiene funciones para la supervisión del flujo de tráfico a través de la central, y para introducir cambios temporales en el flujo. Esto puede ocurrir por ejemplo si hay sobrecarga de tráfico en una ruta en particular.

Subsistema de medición de tráfico y estadística.(STS)

El subsistema de medición de tráfico y estadística es en general un sistema para la colección, almacenamiento, procesamiento y presentación de los datos estadísticos, para todos los tipos de tráficos manejados, y aplicaciones de mantenimiento, en el sistema GSM. El STS está compuesto sólo de software.

Subsistemas de control de sistemas.

El APZ está compuesto de los subsistemas que se muestran en la tabla 2-11. Algunos de ellos son descritos de manera un poco más detallada posteriormente.

Subsistema	Nombre	Función	Línea de producto.
CPS	Subsistema de procesador central.	Incluye la duplicidad de procesador, y lleva acabo las funciones de procesamiento de nivel más alto y el manejo de los datos.	Todos
DBS	Subsistema de manejo de base de datos.	Provee de un sistema de base de datos semi-relacional con extensión para soportar los requerimientos en tiempo real del sistema.	Todos.
DCS	Subsistema de comunicación de datos.	Provee de interfases físicas y de protocolos de comunicación de datos para la comunicación con el AXE.	Todas las aplicaciones que requieran funciones de entrada/salida.
FMS	Subsistema de manejo de archivos.	Maneja los dispositivos de almacenamiento en masa del AXE, la FMS almacena archivos de cintas magnéticas, discos flexibles, discos	Todas las aplicaciones que requieran funciones de entrada/salida.

		duros y discos ópticos.	
MAS	Subsistema de mantenimiento.	Supervisa la operación del CP y toma las medidas necesarias si alguna falla ocurre.	Todos.
MCS	Subsistema de comunicación hombre-máquina.	Provee de las funciones para la comunicación entre el personal y la AXE por medio de paneles alfanuméricos y paneles de alarmas.	Todas las aplicaciones que requieran funciones de entrada/salida.
OCS	Subsistema de comunicaciones abiertas.	Provee de comunicaciones de datos estándar entre las aplicaciones en el AXE y los sistemas de computadoras externas.	Todos.
RPS	Subsistema de procesador regional.	Incluye los procesadores regionales los cuales llevan acabo las tareas de rutina básicas para el CP, o actúan como interfaces para el hardware.	Todos.
SPS	Subsistema de procesador de soporte.	Incluye los procesadores de soporte para las comunicaciones de entrada/salida. El SPS provee a la operación des sistema con alarmas e interfaces, comunicaciones internas y las funciones de supervisión para el SP.	Todas las aplicaciones que requieran funciones de entrada/salida.

Tabla 2-11 Subsistemas APZ.

Subsistema de procesador central (CPS).

El subsistema de procesador central contiene software y hardware y lleva a cabo funciones tales como trabajo de administración, manejo de almacenamiento, carga y cambio de programas. Para confiabilidad, el CPS contiene dos procesadores centrales los cuales operan en relación ejecución/espera. En el evento de falla del procesador que se encuentra trabajando, el procesador que se encuentra en espera tomará el control de manera que el servicio no se altere.

Subsistema de mantenimiento (MAS).

El subsistema de mantenimiento contiene software y hardware. La función del MAS es localizar las fallas en el hardware y errores en el software. Y minimiza los efectos de tales errores y fallas.

Subsistema de procesador regional (RPS).

El subsistema de procesador local contiene hardware y software. El hardware se encuentra en forma de procesadores locales (RP's), mientras que el software ésta formado por programas administrativos localizados en los RP's. Los RP's están controlados por el CP.

Subsistema de procesador de soporte (SPS).

El subsistema de procesador de soporte contiene un procesador de soporte para la comunicación con todos los dispositivos de entrada/salida. El SPS tiene funciones para bloquear, desbloquear y supervisar los dispositivos de entrada/salida. El SP está controlado por el CP.

Subsistema de manejo de archivos (FMS).

EL FMS maneja todos los tipos de archivos usados en AXE. El termino archivo denota todos los datos almacenados en cinta, discos flexibles y discos magnéticos. Los bloques de datos de AXE siempre deben de consultar al FMS antes de que la información sea almacenada en los medios de almacenamiento externo.

Subsistema de comunicación hombre-maquina (MCS).

El MCS maneja la comunicación entre los dispositivos de entrada/salida y el resto del sistema. Los dispositivos de entrada/salida pueden ser unidades de display, impresoras, panel de alarmas o el sistema OSS.

Subsistema de comunicación de datos (DCS).

EL DCS maneja las comunicaciones entre los bloques en el CP y el SP. La estructura del subsistema está en acuerdo con los estándares internacionales para sistemas de entrada/salida: Open Systems Interconnection (OSI). El DCS también maneja la comunicación sobre los datos de enlace de acuerdo a protocolos estandarizados de datos X.25, X.75 y X.28 por ejemplo las grabaciones de datos de cargo son enviadas sobre los enlaces de datos desde el DCS a el centro de facturación.

Líneas de producto de GSM de Ericsson en los subsistemas.

La figura abajo resume los subsistemas particulares para cada línea de producto en el sistema GSM de Ericsson.

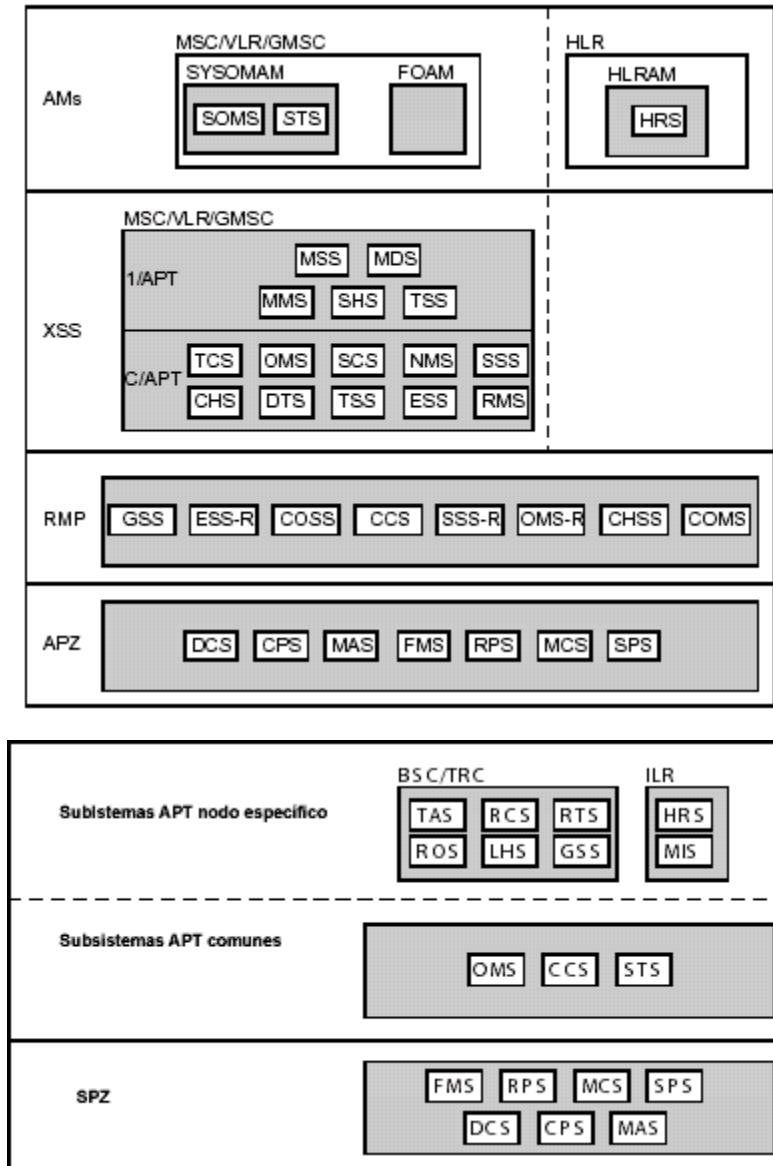


Figura 2-39 Subsistemas en particular para cada uno de los productos de Ericsson.

2.4 Servicios generales de paquete de radio GPRS.

Los servicios generales de paquete de radio (GPRS) es un servicio de empaquetamiento conmutado de datos para GSM que habilita el uso de Internet. El sistema GPRS proporciona una solución básica para el protocolo de comunicación de Internet (IP) entre las estaciones móviles (MS) y los proveedores de Internet (ISP) o LAN. El GPRS puede establecer una conexión IP punto a punto, incluyendo la interfaz de aire.

Los usuarios de GPRS pueden permanecer en línea sin ocupar continuamente un canal específico de radio. El GPRS usará el bloque común de recursos físicos a través de la interfaz de aire en coexistencia con la conmutación de circuito de GSM existente. Se utilizarán los mismos canales físicos pero de una manera más eficiente ya que varios usuarios de GPRS podrán compartir un canal. Obteniendo así una mejor utilización de canal. Además, los canales de GPRS están asignados sólo cuando los datos son enviados o recibidos[6].

2.4.1 Visión general de sistema GPRS.

El GPRS Es una extensión de la arquitectura de GSM. El tráfico de paquetes de datos corre en una nueva red de comunicación IP y está separada de la red central GSM que es usada por el tráfico de conmutación de circuito, principalmente voz[6].

Son dos los nodos nuevos que soportan la comunicación de GPRS. El nodo de soporte de servicio GPRS (SGSN) que maneja el tráfico de paquete de datos de los usuarios en un área geográfica. El nodo de soporte de vía de acceso GPRS (GGSN) que conecta a las redes de datos externas. El SGSN y el GGSN son los enrutadores que soportan la movilidad de las terminales.

Los componentes del sistema del GPRS (sombreados), integrados con la parte de circuito conmutado del sistema GSM, se muestran en la figura 2-40.

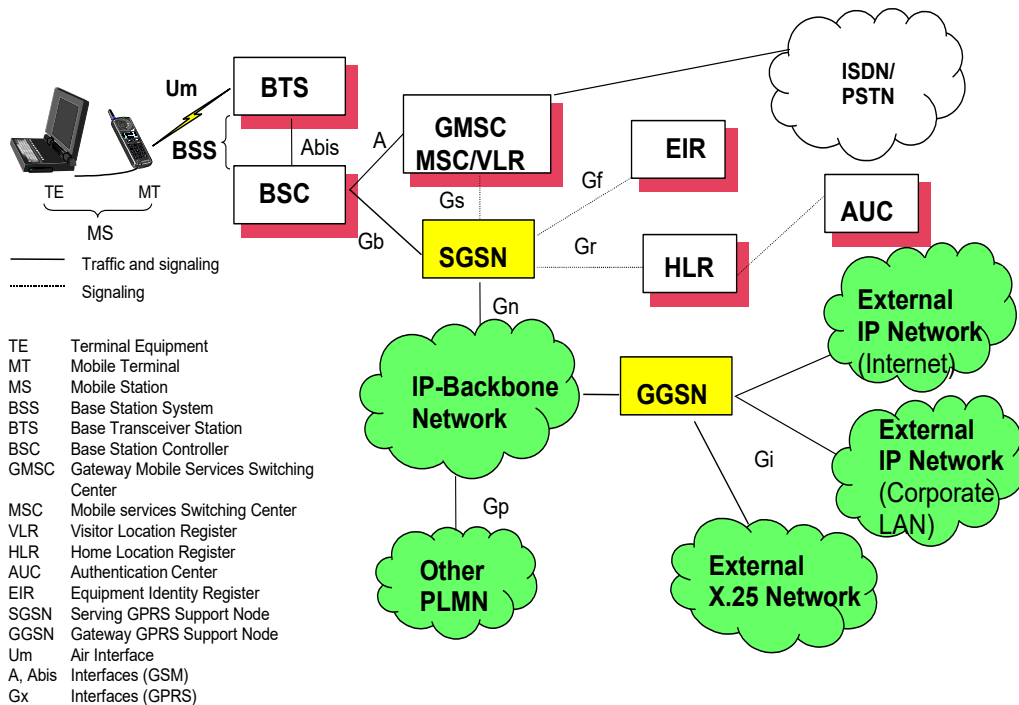


Figura 2-40 Red GPRS

El GPRS usa una red de radio de GSM existente. Los enlaces de transmisión entre las BTS's y las BSC's son reutilizadas, con lo cual se reducen los costos totales de GPRS.

El GPRS también reutiliza otros elementos de la red GSM tales como el HLR y el MSC/VLR.

El rol de cada elemento de la red en el sistema GPRS y la nueva funcionalidad requerida en los elementos de la red GSM se describe a continuación.

2.4.1.1 La estación móvil.

Equipo terminal (TE).

El TE es una terminal de computadora en la cual los usuarios terminales trabajan. Este es el componente usado por el sistema GPRS para transmitir y recibir los paquetes de datos del usuario terminal. Por ejemplo, el TE podría ser una laptop. El sistema GPRS proporciona conectividad IP entre el TE y un ISP o una LAN conectados a el sistema GPRS. Desde el punto de vista del TE, se puede comparar a una terminal móvil como un módem, conectando al TE a el sistema GPRS.

Terminal móvil (MT).

El MT se comunica con un TE, y sobre el aire con la BTS. El MT debe estar equipado con software para la funcionalidad GPRS cuando se usa en conjunción con el sistema GPRS. El MT está asociado con un suscriptor en el sistema GSM. El MT establece una conexión a un SGSN. La reelección de canal es proporcionada en la conexión de radio entre el MT y el SGSN. La conexión IP es estática desde el punto de vista del TE, esto es, el TE no sabe que esta es móvil y conserva su dirección IP asignada hasta que el MT se desliga.

La combinación de un TE y un MT es UN MS. Por lo general en este documento como en el estándar GSM de ETSI para GPRS, el término MS es usado cuando se discuten las características GPRS. Esto puede concluirse del contexto que los componentes relacionaría las partes MT ó TE. Note que los componentes MT y TE pueden estar actualmente integrados en un equipo.

Dependiendo de el MS y de las capacidades de la red, los MS's de GPRS pueden operar en tres modos diferentes:

- Clase de operación A que permite al MS tener una conexión de conmutación de circuito al mismo tiempo que este está involucrado en una transferencia de paquete.
- Clase de operación B que permite al MS estar vinculado a conmutación de circuito y al GPRS pero este no puede usar ambos servicios al mismo tiempo. Sin embargo, el MS que está involucrado en la transferencia de paquete puede recibir una página por el tráfico de conmutación de circuito. El MS puede entonces suspender la transferencia de paquete durante la conexión de conmutación de circuito y después reasumir la transferencia de paquete.
- El modo de operación C permite a un MS estar ligado sólo a un servicio al mismo tiempo. Un MS que sólo soporta tráfico de GPRS y no tráfico de conmutación de circuito siempre trabajara en este modo de operación.

2.4.2 Arquitectura del BSS para GPRS.

La conmutación de circuito y el GPRS coexistirán dentro de la infraestructura, lo cual conducirá a una rápida implementación y una amplia cobertura de GPRS. El GPRS requiere nuevo software en el BSS y un nuevo hardware para implementar la unidad de control de paquete (PCU). El PCU será localizado en el mismo nodo del BSC. El BSC puede ser una combinación con el TRC o ser un BSC independiente. El PCU puede servir sólo a un BSC y habrá sólo un PCU por BSC. Se introduce una nueva interfaz abierta, la interfaz Gb, entre el PCU (BSC) y el SGSN. La interfaz A bis existente se reutiliza para el GPRS y portará entonces tanto el tráfico de circuito conmutado como el tráfico de GPRS[8].

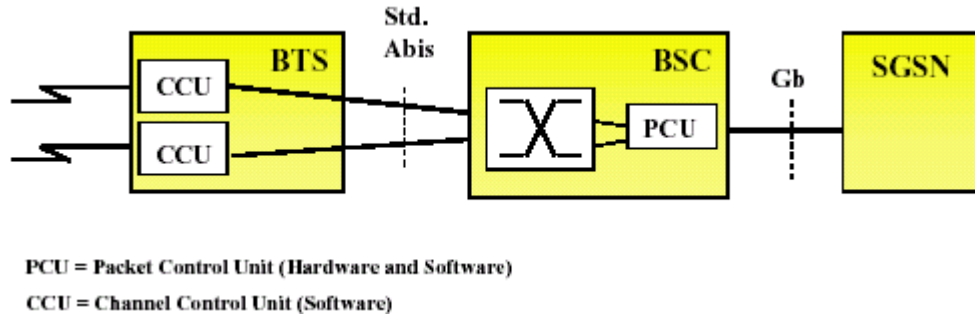


Figura 2-41 Arquitectura del BSS

El BSC y la unidad de control de paquete.

El PCU es responsable del manejo de los recursos de radio para los paquetes de datos del GPRS en el BSS. Especialmente el PCU es responsable del manejo de las capas de control de acceso de medio (MAC) y control de enlace de radio (RLC), así como de las capas BSSGP y servicio de red de la interfaz Gb. La interfaz se termina en el PCU.

El PCU consiste de software central (CP) y dispositivos de hardware con software regional (RP). Puede tener uno o mas procesadores regionales (RPP). Un RPP puede trabajar hacia la interfaz Gb y la interfaz A-bis, o sólo hacia la interfaz A-bis. La función del RPP es distribuir las tramas de PCU entre la Gb y la A-bis. Donde sólo existe un RPP en el PCU, este trabaja hacia ambas interfaces Gb y A-bis. Donde hay más de un RPP, cada RPP puede trabajar hacia cualquier interfaz o hacia ambas. En el caso de más de un RPP, estos pueden comunicarse entre si por medio de Ethernet. Una célula no puede ser dividida entre dos RPP. Si el RPP no maneja la célula para la cual el mensaje está destinado, el mensaje es enviado vía ethernet al RPP correcto[6].

El BSC puede instaurar, supervisar y desconectar llamadas de conmutación de paquete y conmutación de circuito. Uno o varios BSC's son servidos por un MSC y un número de BSC's servidos por un SGSN.

El GPRS puede ser implementado en el software y no se requiere implementar más hardware. El hecho que sólo se requiere una actualización de software permite una introducción rápida con una cobertura total.

Los enlaces existentes de señalización y transmisión sobre la interfaz A-bis se reutilizan para el GPRS, esto proporciona una introducción eficiente y de costo efectivo.

La BTS separa las llamadas de conmutación de circuito originadas en un MS de la comunicación de datos, y entonces el BSC remite las llamadas de conmutación de circuito al MSC/VLR, y los datos de GPRS al SGSN.

Los protocolos estándar de GSM se usan con el BSC para realizar la compatibilidad deseada.

2.4.3 El MSC.

Puede haber varios MSC's correspondiendo a un SGSN. Un MSC puede también conectarse a varios SGSN's. La configuración es una cuestión de dimensionamiento del tráfico.

El área de servicio del MSC está dividido dentro de un número de áreas de localización (LA's) para el circuito conmutado y dentro de un número de áreas de enrutamiento (RA's) para la red GPRS. LA RA es más pequeña que una LA.

2.4.4 Nodo de soporte de servicio GPRS (SGSN).

El SGSN es un componente principal en la red de GSM que usa GPRS, y es un nuevo componente en GSM. El SGSN remite a los paquetes IP entrantes y salientes direccionados para y desde el MS que está ligado dentro del área de servicio del SGSN. El SGSN proporciona el enrutamiento y transferencia desde y para el área de servicio de éste. El SGSN sirve a todos los suscriptores que están localizados físicamente dentro del área geográfica de servicio de éste. Un suscriptor de GPRS puede estar servido por cualquier SGSN en la red, todo depende de la localización. El tráfico es enrutado desde el SGSN a la BSC, y por medio de la BTS al MS.

El SGSN también proporciona:

- Cifrado y autenticación.
- Manejo de sesión
- Manejo de movilidad.
- Manejo de enlace lógico hacia el MS.
- Conexión a el HLR, MSC, BSC, GGSN y otros nodos.
- Salida de datos de cobro.

El SGSN colecta la información de cobro para cada MS relacionado con el uso de la red de radio. Tanto el SGSN y el GGSN colectan la información de cobro sobre el uso de los recursos de la red de GPRS[7].

2.4.5 Nodo de soporte de vía de acceso de GPRS (GGSN).

Como el SGSN, el nodo de soporte de vía de acceso de GPRS (GGSN) es un componente principal en la red GSM que usa GPRS y es un componente nuevo. El GGSN proporciona.

- La interfaz entre las redes de paquetes IP externas. El GGSN por lo tanto contiene la función de acceso que conecta con las funciones de ISP externo como enrutadores y servidores RADIUS, que son usados para propósitos de seguridad. Desde el punto de vista de las redes IP externas, el GGSN actúa como un enrutador para las direcciones de IP de todos los suscriptores servidos por una red GPRS. El GGSN por lo tanto intercambia la información de enrutamiento con las redes externas.
- El manejo de sesión GPRS, la instauración de comunicaciones hacia la red externa.
- La función de asociar a los suscriptores con el SGSN correcto.
- La salida de datos de cobro. El GGSN colecta la información de datos de cobro para cada MS, relacionado a el uso de la red de datos externa. Tanto el GGSN y el SGSN colectan la información sobre el uso de los recursos de la red GPRS.

El SGSN y el GGSN pueden estar localizados en diferentes PLMN's. Las dos PLMN's estarán entonces conectadas por medio de vías de acceso que son parte de los GGSN's[7].

2.4.6 El HLR.

El HLR es una base de datos que contiene la información de suscripción para cada persona que ha comprado una al operador de GSM/GPRS. El HLR almacena información para el circuito de conmutación y para la comunicación de GPRS. La información encontrada en el HLR incluye, por

ejemplo, servicios suplementarios, parámetros de autenticación, nombre de punto de acceso (APN) tales como la de los ISP de suscriptores, y si una dirección IP estática es asignada al MS.

Además, el HLR incluye la información acerca de la localización del MS. Para GPRS, la información del suscriptor es intercambiada entre el HLR y el SGSN. Las ternas de autenticación para GPRS son recuperadas directamente del HLR para el SGSN, es decir, ésta no pasa por el MSC/VLR como lo hace para el circuito conmutado GSM.

La información que va desde el HLR al SGSN ha sido instaurada por el operador para los suscriptores. Esta transferencia de información se hace cuando el operador cambia la información del suscriptor, o cuando un nuevo SGSN necesita tener datos de un suscriptor después del enganche o cambio de RA, se informa al SGSN anterior. La información que va desde el SGSN al HLR es la información de enrutamiento que se transfiere de la acción del MS, por ejemplo en enganche o la actualización de la RA.

El VLR.

El SGSN tiene la función en la comunicación de paquete conmutado que el VLR tiene para el circuito conmutado GSM, se coloca con el MSC en la implementación hecha por Ericsson.

El VLR contiene la información acerca de los todos los MS's que se encuentran localizados en el área de localización (LA) del MSC o en el área de enrutamiento (RA) del SGSN respectivamente. El VLR contiene información temporal del suscriptor necesaria para el MSC o SGSN, para poder proporcionar el servicio a los suscriptores visitantes.

Cuando un MS se encuentra dentro de una nueva área de localización de MSC o área de ruteo del SGSN, el VLR del MSC o el SGSN requiere y almacena los datos del MS desde el HLR. Los móviles que soportan tanto el GPRS y el GSM pueden tener un enganchamiento combinado, es decir, enganchados por IMSI y GPRS.

El SGSN pueden recibir y ejecutar requerimientos de voiceo del sistema de circuito conmutado desde el MSC/VLR. El MSC/VLR esta conectado al SGSN directamente usando la interfaz Gs, y directamente vía el BSS usando la interfaz A y la Gb.

Los nodos SGSN y GGSN pueden colocarse en el mismo nodo físico, para crear un nodo de soporte GPRS combinado (CGSN).

2.4.7 Interfaces.

La interfaz Gb es una nueva interfaz abierta entre el PCU y el SGSN. El PCU puede estar conectado a un SGSN sobre la interfaz Gb usando uno de estos métodos:

1. Directamente desde una BSC independiente o una BSC/TRC.
2. Por medio de un TRC desde un BSC independiente.
3. Por medio de un MSC desde un BSC independiente o un BSC/TRC.

Un BSC puede usar uno o más enlaces físicos para conectar un SGSN. Cuando se usa una interfaz E1 la capacidad de los enlaces físicos está entre 1 y 31 time slots de 64 kbits/seg, esto es, entre 64 kbits/s y 1536 kbits/s.

La interfaz Gb conecta al BSC con el SGSN. Por medio de las interfaces Gn y Gp los datos de usuario y los datos de señalización son transmitidos entre los GSN's. La interfaz Gn será usada si el SGSN y GGSN están localizadas en la misma PLMN mientras que la interfaz Gp será usada si están en diferentes PLMN's.

Todos los GSN's están conectados por medio de una red de comunicación central GPRS basado en IP. Dentro de esta comunicación central los GSN's encapsulan los paquetes y los transmiten usando el protocolo de tunneling GPRS (GTP); hay dos tipos de comunicaciones principales de GPRS:

Redes de comunicación central intra-PLMN que conectan los GSN's de la misma PLMN y son por lo tanto redes basadas en IP privados.

Redes de comunicación central Inter.-PLMN conecta los GSN's de diferentes PLMN's. un arreglo de roaming entre dos proveedores de redes GPRS es necesario para instalar tal comunicación central.

Las compuertas, entro los dos PLMN's y las comunicaciones centrales Inter.-PLMN's se llaman compuertas de frontera. Además de otras cosas, estas realizan funciones de seguridad para proteger la comunicación central intra-PLMN privado contra usuarios no autorizados y ataques.

Las interfaces Gn y Gp están también definidas entre dos SGSN's. esto permite a los SGSN's intercambiar perfiles de usuario cuando un móvil va desde un SGSN a otro.

A través de la interfaz Gf el SGSN puede preguntar el IMEI de una estación móvil tratando de registrarse dentro de la red.

La interfaz Gi conecta el PMLN con las PDN's públicas o privadas tales como el internet o intranets corporativas. Soporta interfaces para IP (IPv4 e IPv6) y X.25.

El HLR almacena el perfil de usuario la dirección del SGSN en uso en ese momento, y las direcciones de PDP para cada usuario de GPRS en la PLMN. La interfaz Gr se usa para intercambiar esta información entre el HLR y el SGSN. La trayectoria de señalización entre el GGSN y el HLR (interfaz Gc) puede usarse para actualizar el registro de localización.

El VLR/MSC puede ser extendido con funciones y entradas de registro que permite una, coordinación eficiente entre servicios de paquete conmutado (GPRS) y circuito conmutado (GSM convencional). Ejemplo de esto son las actualizaciones combinadas de localización de GPRS y no GPRS y los procedimientos de ligue combinados. Mas aun el requerimiento de voceo de llamadas GSM de circuito conmutado pueden realizarse por medio del SGSN. Para este propósito, la interfaz Gs conecta la base de datos del SGSN y el MSC/VLR.

Se define la interfaz Gd para intercambiar mensajes del servicio de mensajes cortos (SMS) por medio del GPRS. Esta interconecta la compuerta del MSC del SMS (SMS-GMSC) con el SGSN.

2.4.8 Casos de tráfico.

Los casos de tráfico a describir son:

- Enganche y desenganche al GPRS.
- Activación y desactivación del contexto PDP.
- Procedimientos de actualización.

Para realizar o recibir llamadas, un móvil de GSM necesita llevar a cado un procedimiento llamado enganche de IMSI (o actualización de localización). El enganche de IMSI que se ilustra en la figura 2-42, se establece una conexión entre el MS y la red de GSM.

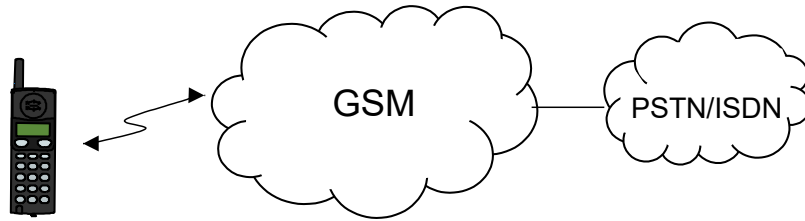


Figura 2-42 enganche de IMSI.

El usuario terminal no necesita especificar cual red fija quiere usar, debido a que todas las redes fijas siguen el mismo plan de numeración. El MSISDN (número de teléfono MS) es siempre el mismo no importa a que país y a quien llame.

Para recibir o transmitir datos el usuario terminal necesita realizar un procedimiento de dos pasos: el enganche al GPRS y activación del contexto PDP(figura 2-43).

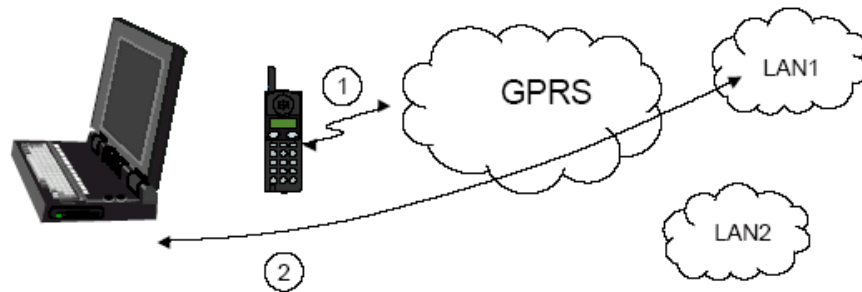


Figura 2-43 Enganche al GPRS y activación del contexto PDP.

En el enganche de GPRS se establece un enlace lógico entre el MS y el SGSN. El procedimiento de enganche al GPRS se ilustra en la figura 2-44. Cada paso se explica en el listado que le sigue:

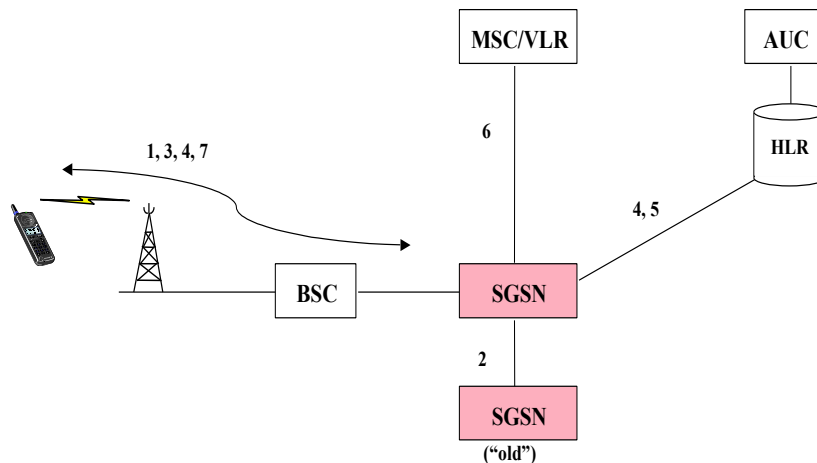


Figura 2-44 Enganche al GPRS.

1. El MS manda un mensaje al SGSN: "requerimiento de enganche" (incluyendo el paquete TMISI P-TMSI o IMSI, el RAI anterior, y tipo de enganche).

2. Si el MS (TMSI) no es conocido por el SGSN, este le requiere al anterior SGSN la información del IMSI y las ternas.
3. Si el MS no es conocido por el anterior SGSN manda un mensaje de error a el nuevo SGSN y el nuevo SGSN pregunta al MS acerca del IMSI.
4. El SGSN autentifica al MS (usando las ternas).
5. El HLR se actualiza (si esta en una nueva área de servicio de SGSN).
6. El MSC/VLR se actualiza (sólo si se encuentra en una nueva área de localización).
7. El SGSN le dice al móvil sobre el nuevo TLLI (identificación temporal del enlace de localización).

Puede suceder que se den simultáneamente los procedimientos de liga de GPRS e IMSI.

El MS puede ser desenganchado desde la red de GPRS por él mismo o por la red. El procedimiento de desenganche incluye la comunicación entre el MS, BSS, SGSN y el GGSN en todos los casos.

Activación y desactivación del contexto de PDP.

Para mandar o recibir datos del GPRS el MS realiza la activación del contexto de PDP después del ligue del GPRS. La activación del contexto de PDP hace que el MS sea conocido en el GGSN apropiado y la comunicación a redes externas sea posible.

La activación del contexto PDP corresponde desde la perspectiva del usuario terminal, al registro a una red externa, es decir, su red de área local, su ISP o la red de área local de servicio provista por el operador de GPRS.

La diferencia del uso de una conexión de acceso telefónico sobre circuito conmutado es que en GPRS, el usuario terminal puede tener varios contextos PDP activados simultáneamente si la terminal soporta varias direcciones IP.

Activación del contexto PDP.

Cuando un enlace entre el MS y el SGSN se establece a través del ligue de GPRS, la activación del contexto PDP hace posible alcanzar un red externa (LAN). La figura 2-45 ilustra los pasos en el procedimiento de activación del contexto PDP.

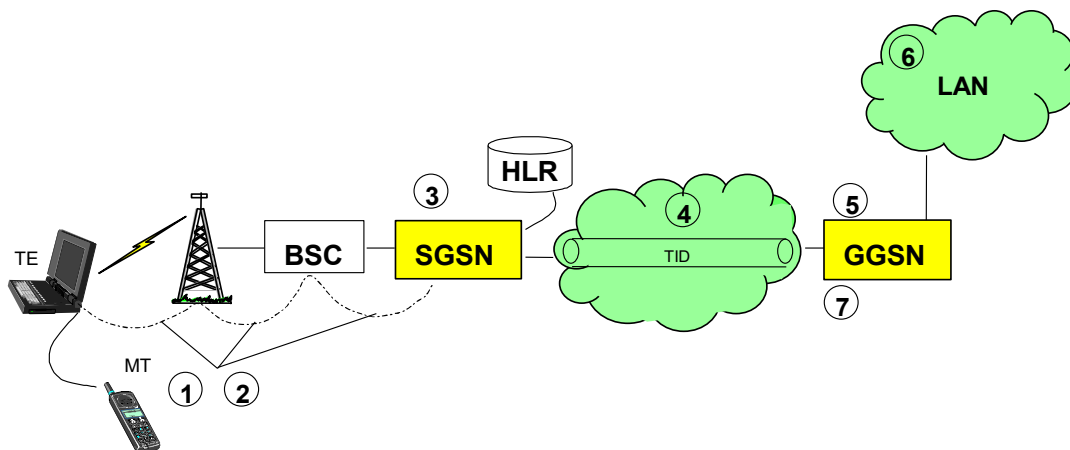


Figura 2-45 Activación del contexto PDP

1. El MS envía la requisición de la activación del contexto PDP al SGSN (incluyendo el APN y direcciones IP estáticas o dinámicas).
2. Las funciones de seguridad pueden ejecutarse entre el MS y el SGSN.

3. El SGSN valida la requisición.
4. El SGSN:
 - Verificará la suscripción.
 - Verificará la calidad de servicio (necesaria para el cargo).
 - Enviará el APN al GGSN.
 - Creará una identidad de túnel (TID) usando el IMSI.
 - Creará un enlace lógico a el GGSN, túnel GTP.
5. El GGSN contacta la red externa (LAN) identificada por el APL y pide el número de IP.
6. El servidor en la red externa envía el número de IP al GGSN.
7. El GGSN envía el número IP de regreso al MS.

Después del paso 1 a 7 se establece la conexión IP entre el MS y una red externa.

Las direcciones para las que debe aplicar el móvil usadas en la PDN son llamadas direcciones PDP (direcciones de protocolo de paquete de datos). El contexto PDP describe las características de la sesión. Contiene el tipo de PDP, la dirección PDP asignada a la estación móvil, la calidad de servicio requerida y la dirección de un GGSN que sirve como punto de acceso a la PDN. Este contexto es almacenado en el MS, el SGSN y el GGSN. Con un contexto PDP la estación móvil es visible para la PDN externa y le es posible enviar y recibir paquetes de datos. El mapeo entre las dos direcciones PDP e IMSI permite al GGSN transferir los paquetes de datos entre el PDN y el MS. Un usuario puede tener varios contextos PDP simultáneos activos en un tiempo dado.

La asignación de la dirección PDP puede ser estática o dinámica. En el primer caso, el operador de la red de la PLMN de casa de usuario asigna una dirección PDP a éste. En el segundo caso, una dirección PDP se le asigna al usuario sobre la activación del contexto PDP. La dirección de PDP puede ser asignada por el operador de la PLMN de casa del usuario (dirección PDP dinámica de la PLMN de casa) o por el operador de la red visitada (dirección PDP dinámica de la PLMN visitada). El operador de la red de casa decide cual de las posibles alternativas puede usar. En el caso de asignación de direcciones PDP dinámicas, el GGSN es responsable por la asignación, activación y desactivación de las direcciones PDP.

Desactivación del contexto PDP.

El MS, SGSN o GGSN pueden iniciar la desactivación del contexto PDP. El procedimiento involucra cuatro pasos: la requisición de anulación del contexto PDP, la respuesta de anulación del contexto PDP, la requisición de la desactivación del contexto PDP y la respuesta de desactivación del contexto PDP.

Procedimiento de actualización.

Un área de enrutamiento (RA) es un subgrupo del área de localización (LA), figura 2-46.

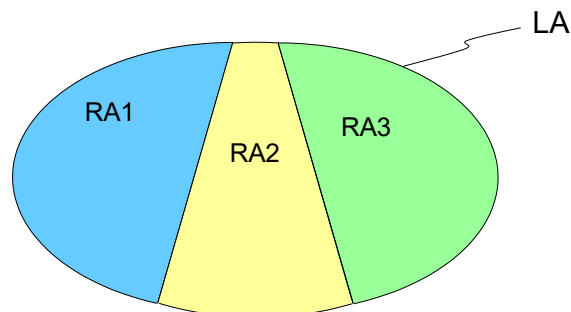


Figura 2-46 Área de localización (LA) y área de enrutamiento (RA)

Pueden aparecer tres escenarios diferentes cuando un MS entra a una nueva célula y posiblemente a una nueva área de enrutamiento. Estos son:

- Actualización de célula.
- Actualización de área de enrutamiento.
- Actualización combinada de área de enrutamiento y área de localización.

En los tres escenarios el MS almacena la identidad de la célula.

Actualización de la célula.

La actualización de una célula toma lugar cuando el MS Entra en una nueva célula dentro del área de enrutamiento en curso, si el MS esta en el “estado dispuesto”. Si el RA cambia también, toma lugar la actualización del RA en lugar de la actualización de célula.

El MS realiza la actualización de célula enviando una trama LLC de uplink de cualquier tipo que contenga la identidad del MS, el SGSN registra el cambio del MS de la célula y el tráfico siguiente al MS será transmitido sobre la nueva célula.

La actualización del área de enrutamiento.

La actualización del área de enrutamiento toma lugar cuando el MS ha entrado en una nueva área de enrutamiento, o cuando el tiempo de actualización de RA periódico a expirado, o cuando un MS suspendido no es reasumido por el BSS.

El procedimiento es iniciado por la requisición de actualización de área de enrutamiento desde el MS al SGSN. La actualización puede ser una actualización de área Intra-SGSN (cuando el SGSN tiene la información requerida acerca del MS) o Inter-SGSN (cuando una nueva SGSN obtiene información acerca del MS desde el SGSN anterior).

Procedimiento de actualización de RA y LA combinado.

Una actualización combinada de RA y LA toma lugar en una red cuando el MS entra en una nueva RA o cuando el un MS enganchado a GPRS realiza una liga al IMSI. El procedimiento es iniciado por una requisición de actualización de área de enrutamiento indicando que la actualización de LS también debe realizarse. El SGSN envía la actualización de LA al VLR.

2.4.9 Interfaz de aire de GPRS.

Estructura de multi-trama. En el canal de paquete de datos (PDCH) se usa una estructura de 52 multi-tramas. Las tramas de control de enlace lógico (LLC) recibidas desde el SGSN en la transferencia, son divididas en piezas más pequeñas, que son llamadas bloques de radio o bloques RLC por el PCU. Cada bloque de radio es enviado en cuatro ráfagas consecutivas sobre un time slot. Si un MS es asignado, por ejemplo, a los time slots 1-4, un bloque de radio es enviado en cuatro ráfagas sobre el time slot 1, un segundo bloque de radio en cuatro ráfagas sobre el time slot 2, etc.

A un número de MS's pueden asignárseles recursos en el mismo time slot. El encabezado de cada bloque de radio de enlace hacia abajo contiene el TFI mostrando a cual MS se dirige el bloque de radio. Además, el encabezado de cada bloque de radio de enlace hacia abajo contiene la bandera de estado de enlace hacia arriba (USF).

2.4.10 Canales lógicos.

Un número de nuevos canales lógicos similares a aquellos ya existentes, pero sólo para GPRS, han sido estandarizados. Los canales lógicos están mapeados dentro de los canales físicos que están dedicados a los paquete de datos. Estos canales físicos se llaman canales de datos de paquete (PDCH).

Canales de control:

Canal de difusión (PBCCH): define los parámetros usados por el MS para acceder a la red para la operación de transmisión de paquetes. Además de estos parámetros, el PBCCH reproduce la información transmitida en el BCCH para permitir la operación de circuitos conmutado, de esta manera un MS enganchado en modo GPRS, sólo monitorea el PBCCH, si existe. La existencia del PBCCH en la célula se indica en el BCCH. Si no hay PBCCH, el BCCH se usará para definir la información de operación.

Canal de control común de datos de paquete.

- Canal de voiceo de paquete PPCH : down-link usado para vocear al MS.
- Canal de acceso aleatorio de paquete PRACH: sólo para up-link usado para requerir la asignación de uno de los varios PDTCH's para up-link o down-link.
- Canal de gran acceso de paquete: sólo de down-link usado para asignar uno o varios PDTCH's.
- Canal de control de avance de tiempo en uplink PTCCH/U: es usado para transmitir las ráfagas de acceso aleatorio para permitir la estimación de el avance de tiempo para un MS en estado de transferencia.
- Canal de avance en el tiempo de down-link (PTCCH/D): usando para transmitir las actualizaciones de avance de tiempo para varios MS's.un PTCCH/D es apareado con varios PTCCH/U's.
- Canal de trafico de paquete de datos PDTCH: un PDTCH corresponde al recurso asignado a un MS sobre un canal físico para la transmisión de datos de usuario.
- Canal de control asociado a paquete PACCH: el PACCH es bidireccional. Para propósitos de descripción el PACCH/U es usado para uplink y el PACCH/D para downlink.

Ver anexo de aplicaciones de la red GSM y GPRS.

Planeación de Células.

La planeación de células puede describirse de manera rápida como todas aquellas actividades involucradas en determinar qué sitios pueden utilizarse para colocar el equipo de radio, qué equipo va a ser utilizado, y cómo es que este equipo va a estar configurado.

Con el fin de asegurar la cobertura y evitar la interferencia, cada red celular necesita de una planeación. Las actividades principales involucradas en el proceso de planeación de células se muestran en la figura 3.1.

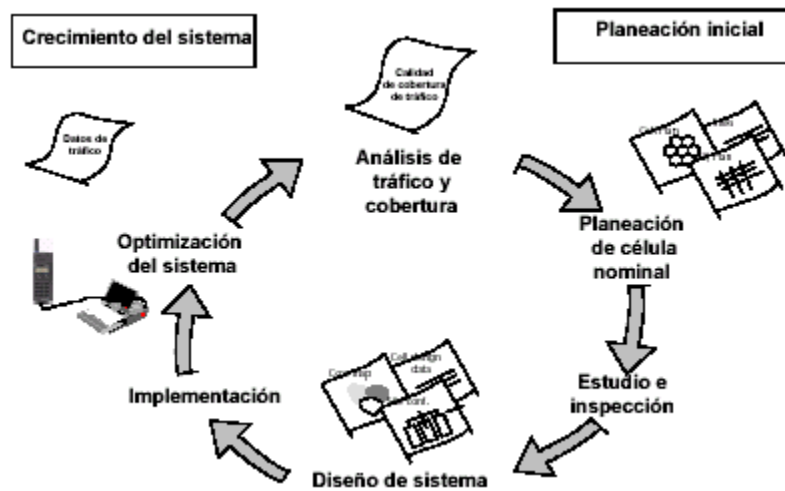


Figura 3.1 proceso de planeación de célula.

Paso 1: Análisis de tráfico y cobertura (requerimientos del sistema).

El proceso de planeación celular inicia con el análisis de cobertura y tráfico. El análisis debe producir información acerca del área geográfica y la necesidad de capacidad esperada. Los tipos de datos colectados son:

- Costos
- Capacidad
- Cobertura
- Grado de servicio (GoS)
- Frecuencias disponibles
- Índice de calidad de voz
- Capacidad de crecimiento del sistema

La demanda de tráfico, es decir, cuantos usuarios van a enlazarse al sistema y cuanto tráfico va a ser generado, provee las bases para la ingeniería de la red celular. La distribución geográfica de la demanda de tráfico puede ser estimada usando datos demográficos tales como:

- Distribución de la población
- Distribución del uso del auto
- Distribución del nivel de ingresos
- Datos de uso del suelo
- Estadísticas del uso del teléfono
- Otros factores como los cargos de suscripción, cargos de llamada y el precio de los teléfonos celulares.

Paso 2: Planeación celular nominal.

Sobre la compilación de los datos recibidos desde el análisis de tráfico y cobertura se produce una planeación celular nominal. La planeación celular nominal es una representación gráfica de la red y simplemente muestra un patrón de célula sobre un mapa. Las planeaciones celulares nominales son las primeras planeaciones celulares y forman las bases para posteriores planeaciones. La mayoría de las veces en las ofertas se incluyen una planeación celular nominal junto con uno o dos ejemplos de predicción de cobertura.

En esta etapa usualmente se inician las predicciones de cobertura e interferencia. Para tal planeación se necesitan herramientas de cálculo computarizadas para el estudio de propagación. En Ericsson se utiliza una herramienta llamada EET (Ericsson Engineering Tool) o el “TEMS CellPlanner”. [9]

Paso 3: Estudio y mediciones de radiación.

Después de que se ha realizado la planeación celular nominal, el siguiente paso es realizar las mediciones de radiación para verificar la cobertura y las predicciones de interferencia. Se visitan los lugares donde el equipo de radio va a ser colocado. Este es un paso crítico porque es necesario evaluar el ambiente real para determinar si el lugar que se determinó en la planeación de la red celular es el adecuado.

Paso 4: (Planeación celular final) Diseño del sistema.

Una vez que hemos optimizado y podemos confiar en las predicciones generadas por la herramienta de planeación, se lleva a cabo el dimensionamiento del equipo de la RBS, BSC y MSC. Se realiza la planeación celular final, y por lo tanto es ésta la que se usa durante la instalación del sistema. Además se llena un documento llamado “Datos de Diseño de Célula” (CDD), éste contiene todos los parámetros de célula para cada una de las células del sistema.

Paso 5: Implementación.

Después de la planeación celular y del diseño del sistema, se realiza la instalación y pruebas.

Paso 6: Optimización del sistema.

Una vez que el sistema ha sido instalado, éste es continuamente evaluado para determinar que tan bien satisface las demandas. Esto recibe el nombre de optimización del sistema, lo cual comprende:

- Asegurar que el plan celular final haya sido implementado exitosamente.
- Evaluación de las quejas de los usuarios
- Evaluar que el funcionamiento de la red sea aceptable
- Cambiar los parámetros y llevar a cabo mediciones (si es necesario)

El sistema necesita optimizarse constantemente debido a que el tráfico y el número de usuarios cambia. Eventualmente, el sistema alcanza un punto donde debe ser expandido hasta manejar el incremento de carga y el nuevo tráfico. En este punto, se lleva a cabo un análisis de tráfico y cobertura y el ciclo del proceso de planeación celular comienza de nuevo.

Aspectos de la propagación de ondas de radio tomados en cuenta en la planeación celular:

Para la planeación celular, es muy importante que sea posible estimar la potencia de la señal en toda el área de cobertura, es decir predecir las pérdidas por trayectoria. Se pueden tener mejores resultados tomando en cuenta:

- El hecho de que las ondas de radio son reflejadas desde la superficie de la tierra (la conductividad de la tierra es por lo tanto un factor importante)
- Las pérdidas por transmisión debida a la obstrucción de la línea de vista
- El radio finito de la curvatura de la tierra
- Las variaciones topográficas en el caso real así como las diferentes atenuaciones propias de los diferentes tipos de terrenos tales como bosques, ciudades, etc.

Los mejores modelos utilizados son semi-empíricos basados en las medidas de pérdidas por trayectoria, atenuaciones en varios terrenos. El uso de tales modelos está motivado por el hecho de que la radio propagación no puede ser medida en toda el área de cobertura. Sin embargo, si las medidas son tomadas en ambientes típicos, los parámetros de los modelos pueden ser calibrados finamente hasta que los modelos sean los mejores posibles para un tipo de terreno en particular.

Interferencia.

Los sistemas celulares están por lo general limitados por la interferencia más que por la energía de la señal. A continuación se describirá información elemental acerca de los problemas relacionados con el resuso de frecuencias.

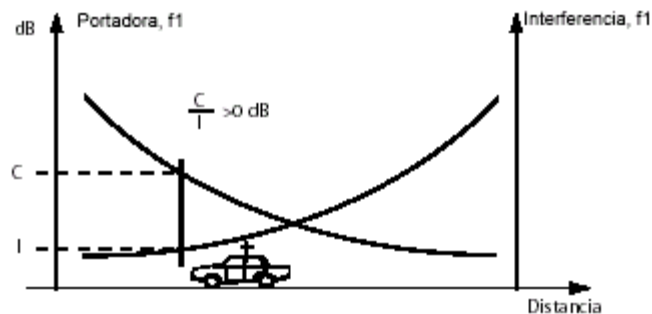


Figura 3.2 Interferencia de co-canal.

La interferencia de co-canal es un termino usado para la interferencia en una célula por portadoras con la misma frecuencia presente en otra célula. La figura 3.2 ilustra la situación. Puesto que la misma frecuencia portadora se usa para la portadora deseada como para la no deseada, los problemas de calidad pueden presentarse si la señal de la portadora no deseada es significativa.

Las especificaciones de GSM establecen que la relación de energía, C/I , entre la portadora, C , y la frecuencia de interferencia, I , debe de ser mayor de los 9 dB. Sin embargo, Ericsson recomienda usar $C/I \geq 12$ dB como un criterio de planeación. Si se implementa el salto de frecuencia, esto suma diversidad extra al sistema correspondiente a un margen aproximado de 3 dB, esto es:

$C/I \geq 12$ dB (sin salto de frecuencia).

$C/I \geq 9$ dB (con salto de frecuencia).

Las frecuencias portadoras adyacentes (frecuencias localizadas ± 200 kHz) a la portadora deseada no pueden tener tanta energía. Aun cuando hay diferentes frecuencias, parte de la señal puede interferir con la señal de la portadora deseada y causar problemas de calidad, figura 3.3. Las especificaciones de GSM establece que la relación de energía, C/A , entre la portadora y la frecuencia adyacente de interferencia, A , debe de ser mayor de -9 dB. Sin embargo, la interferencia de canal adyacente también degrada la sensibilidad tanto como la C/I lo hace. Durante la planeación celular el propósito será tener C/A mayor que 3 dB, de acuerdo a Ericsson $C/A > 3$.

Las frecuencias adyacentes deben ser evitadas en la misma célula y preferiblemente en las células vecinas también.

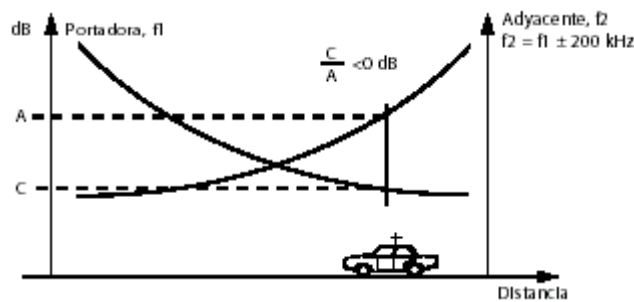


Figura 3.3 Interferencia por frecuencia adyacente

Utilizando de nuevo las frecuencias portadoras de acuerdo al patrón de reuso de frecuencias, ni la interferencia de co-canal ni la interferencia por canal adyacente causará problemas, a condición de que las células tengan propiedades de propagación isotrópicas para las ondas de radio. Las células varían de tamaño dependiendo de la cantidad de tráfico que se espera porten, y el plan de célula nominal se debe verificar por medio de predicciones o radio mediciones para asegurarse que la interferencia no se convierta en un problema.

3.1 Patrones de reuso de frecuencias.

Los patrones de reuso recomendados para GSM son 4/12 y 3/9. El patrón de 4/12 significa que cada cluster tiene 4 sitios (radio bases), con 3 sectores cada sitio, soportando por lo tanto 12 células.

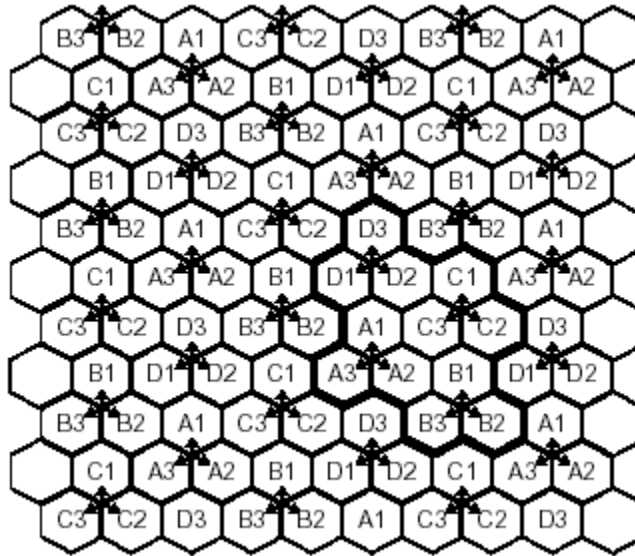


Figura 3.4 Patrón de reuso 4/12

El patrón de reuso de la figura 3.4 es compatible con la condición $C/I > 12$ dB. Una distancia de reuso más corta, nos produce un coeficiente más pequeño de C/I , y ésta condición es la que se utiliza en el patrón 3/9 que se muestra en la figura 3.5.

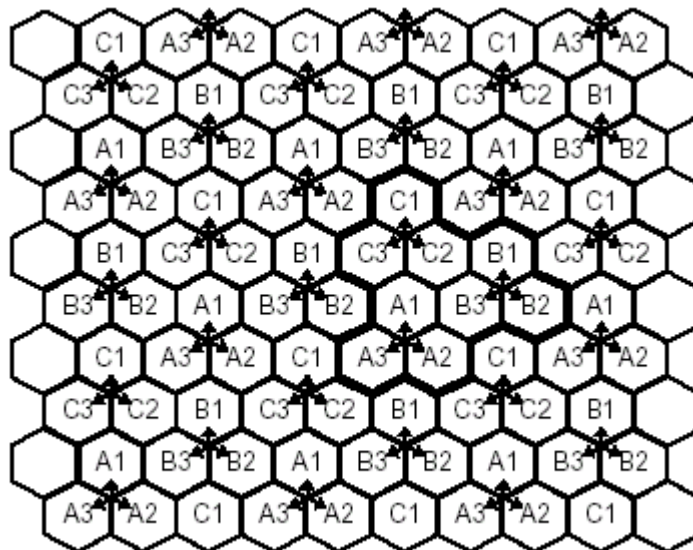


Figura 3.5 Patrón de reuso 3/9

Este patrón de reuso se recomienda sólo si se implementa el salto de frecuencia. Este patrón tiene una utilización de canal más alta por ésta razón las portadoras están distribuidas entre nueve

células en vez de doce. Otro patrón con distancias de reuso mucho más grandes (tal como 7/21) se debe usar para sistemas con más sensibilidad a la interferencia, por ejemplo los sistemas de telefonía móvil analógica.

3.1.2 Aspectos de la planeación celular de GPRS.

El GPRS usará los mismos canales físicos que el GSM estándar. Por lo tanto el tráfico de GPRS y el tráfico de conmutación de circuito pueden integrarse en la misma banda de frecuencia. Esto conduce a que el GPRS puede utilizar canales que son “sobrantes” después del tráfico de conmutación de circuito. Es más importante que los sitios existentes puedan utilizarlo, y que el plan celular no necesite ser modificado para soportar el GPRS. Esta alternativa minimiza el costo de la integración y puesta en marcha del GPRS en una red ya existente de GSM.

Alternativamente, se puede habilitar una sub-banda para el tráfico del GPRS. Las condiciones de radio para el GPRS no son idénticas que aquellas para la voz. Son más flexibles que las de voz, el GPRS puede soportar una relación de interferencia (C/I) menor a 5 dB.

3.1.3 Interferencia de intersímbolo (ISI).

La interferencia de ínter símbolo (ISI) se causa por un tiempo excesivo de dispersión. Esto puede estar presente en todos los patrones de reuso. La ISI puede verse como una interferencia de co-canal. Sin embargo en este caso la señal de interferencia, R , es una reflexión retardada de la portadora deseada. De acuerdo con las especificaciones de GSM, la relación de potencia de señal C/R debe de ser mayor a 9dB (similar con el criterio de C/I). Sin embargo, si el retraso es menor de 15 μs (es decir 4 bits o aproximadamente 4.4 km), el ecualizador puede solucionar el problema. La ISI no se ve afectada por el patrón de reuso escogido, y es un problema para el diseñador de células. Normalmente, las ondas reflejadas son más débiles que la onda directa, sin embargo, si la onda directa es obstruida (“sombreada”), o si la onda reflejada tiene una trayectoria ventajosa de propagación, la relación C/R puede descender a valores peligrosos y el tiempo de retardo está fuera de la ventana del ecualizador. Por lo tanto, el tiempo de dispersión puede causar problemas en ambientes con montañas, lagos con acantilado o con muchas construcciones en la playa, ciudades montañosas y edificios altos con estructura metálica. La colocación de la BTS puede de esta manera ser crucial. La figura 3.6 muestran posibles soluciones:

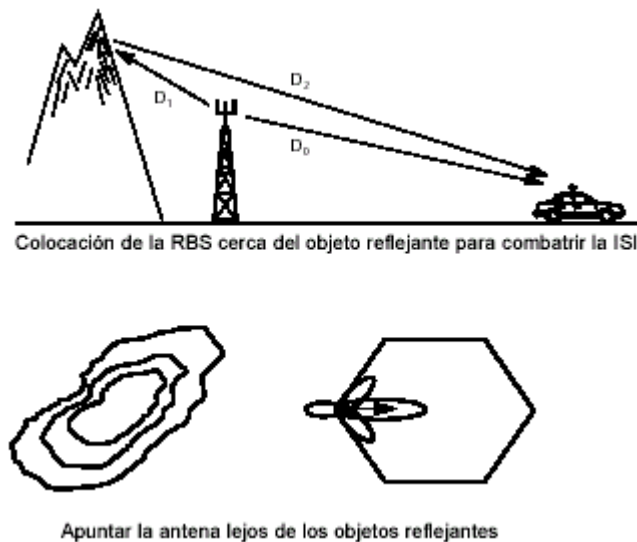


Figura 3.6 Posibles soluciones para evitar la ISI

3.2 Tráfico y dimensionamiento de canal:

La capacidad del sistema celular depende de diferentes factores dentro de los cuales se incluyen:

- El número de canales disponibles para voz y/o datos
- El grado de servicio donde se encuentran los usuarios dentro del sistema

La teoría del tráfico pretende obtener valores estimados útiles, por ejemplo, del número de canales necesarios en una célula. Estos valores estimados dependen del sistema seleccionado y del comportamiento real de los usuarios.

El tráfico se refiere al uso de los canales y se piensa usualmente en el tiempo que se ocupa o el número de llamadas por hora, para uno o varios circuitos (líneas o canales). El tráfico se mide en Erlangs (E). Por ejemplo, si un usuario usa toda una hora hablando por teléfono, el usuario genera una llamada por hora o 1 E de tráfico.

El tráfico que puede soportar una célula depende del número de canales de tráfico disponibles y la probabilidad aceptable de que el sistema esté congestionado. Esto es a lo que se llama *grado de servicio* (GoS). Las diferentes suposiciones sobre el comportamiento de los usuarios nos hacen pensar en diferentes posibilidades de la cantidad de tráfico que una célula puede soportar. La tabla de Erlang esta basada en las suposiciones, más comunes. Estas suposiciones son:

- No colas
- El número de usuarios mucho mayor que el número de canales de tráfico
- Canales de tráfico no dedicados (reservados)
- Tráfico distribuido de la forma de la función de Poisson (aleatorios)
- Bloqueo de llamadas , abandono del intento de llamada inmediatamente.

Esto se conoce como una “perdida del sistema”. La tabla B de Erlang relaciona el número de canales de tráfico, el GoS, y el ofrecimiento de tráfico . Esta relación está tabulada en la tabla siguiente. Asumiendo que una célula tiene 2 portadoras, correspondiendo típicamente a $(2 \times 8) - 2 = 14$ canales de tráfico y un GoS es aceptable de 2%, el tráfico que puede ser ofrecido es $A = 8.2$ E (ver tabla).

Este número es interesante pues muestra un estimado del tráfico promedio por usuario. Los estudios muestran que el tráfico promedio por usuario durante las horas de uso tiene un valor típico de 15-20 mE (esto corresponde, por ejemplo, a una llamada sostenida de 54-72 segundos por hora). Dividiendo el tráfico que una célula puede ofrecer, $A_{\text{cell}} = 8.2$ E, entre el tráfico por usuario, donde tenemos el valor de $A_{\text{usu}} = 0.025$, el número de usuarios que una célula puede soportar se obtiene entonces $8.2/0.025=328$ usuarios.

n	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2	.4	N
1	.00705	.00806	.00908	.01010	.02041	.03093	.05263	.11111	.25000	.66667	1
2	.12600	.13532	.14416	.15259	.22347	.28155	.38132	.59543	1.0000	2.0000	2
3	.39664	.41757	.43711	.45549	.60221	.71513	.89940	1.2708	1.9299	3.4798	3
4	.77729	.81028	.84085	.86942	1.0923	1.2589	1.5246	2.0454	2.9452	5.0210	4
5	1.2362	1.2810	1.3223	1.3608	1.6571	1.8752	2.2185	2.8811	4.0104	6.5955	5
6	1.7531	1.8093	1.8610	1.9090	2.2759	2.5431	2.9603	3.7584	5.1086	8.1907	6
7	2.3149	2.3820	2.4437	2.5009	2.9354	3.2497	3.7378	4.6662	6.2302	9.7998	7
8	2.9125	2.9902	3.0615	3.1276	3.6271	3.9865	4.5430	4.5971	7.3692	11.419	8
9	3.5395	3.6274	3.7080	3.7825	4.3447	4.7479	5.3702	6.5464	8.5217	13.045	9
10	4.1911	4.2889	4.3784	4.4612	5.0840	5.5294	6.2157	7.5106	9.6850	14.677	10
11	4.8637	4.9709	5.0691	5.1599	5.8415	6.3280	7.0764	8.4871	10.857	16.314	11
12	5.5543	5.6708	5.7774	5.8760	6.6147	7.1410	7.9501	9.4740	12.036	17.954	12
13	6.2607	6.3863	6.5011	6.6072	7.4015	7.9667	8.8349	10.470	13.222	19.598	13
14	6.9811	7.1154	7.2382	7.3517	8.2003	8.8035	9.7295	11.473	14.413	21.243	14
15	7.7139	7.8568	7.9874	8.1080	9.0093	9.6500	10.633	12.484	15.608	22.891	15
16	8.4579	8.6092	8.7474	8.8750	9.8284	10.505	11.544	13.500	16.807	24.541	16
17	9.2119	9.3714	9.6171	9.6516	10.656	11.368	12.461	14.522	18.010	26.192	17
18	9.9751	10.143	10.296	10.437	11.491	12.238	13.385	15.548	19.216	27.844	18
19	10.747	10.922	11.082	11.230	12.333	13.115	14.315	16.579	20.424	29.498	19
20	11.526	11.709	11.876	12.031	13.182	13.997	15.249	17.613	21.635	31.152	20
21	12.321	12.503	12.677	12.838	14.036	14.885	16.189	18.651	22.848	32.808	21
22	13.105	13.303	13.484	13.651	14.896	15.778	17.132	19.692	24.064	34.464	22
23	13.904	14.110	14.297	14.470	15.761	16.675	18.080	20.737	25.281	36.121	23
24	14.709	14.922	15.116	15.295	16.631	17.577	19.031	21.784	26.499	37.779	24
25	15.519	15.739	15.939	16.125	17.505	18.483	19.985	22.833	27.720	39.437	25
26	16.334	16.561	16.768	16.959	18.383	19.392	20.943	23.885	28.941	41.096	26
27	17.153	17.387	17.601	17.797	19.265	20.305	21.904	24.939	30.164	42.755	27
28	17.977	18.218	18.438	18.640	20.150	21.221	22.867	25.995	31.388	44.414	28
29	18.805	19.053	19.279	19.487	21.039	22.140	23.833	27.053	32.614	46.074	29
30	19.637	19.891	20.123	20.337	21.932	23.062	24.802	28.113	33.840	47.735	30
31	20.473	20.734	20.972	21.191	22.827	23.987	25.773	29.174	35.067	49.395	31
32	21.321	21.508	21.823	22.048	23.725	24.914	26.746	30.237	36.295	51.056	32

Tabla 3.1 Tabla de valores Englund [9].

El dimensionamiento de la red ahora implica el uso de datos demográficos para determinar el tamaño de las células. El ejemplo anterior está muy simplificado, sin embargo, este trata de explicar que se entiende como tráfico y dimensionamiento de tráfico.

El problema puede ser que dado un número de usuarios en un área particular, por ejemplo un aeropuerto, determinar ¿cuántas portadoras necesitamos para soportar el tráfico si sólo puede utilizarse una célula?, dimensionar una red completa mientras se mantiene fijo el tamaño de la célula significa el estimar el número de portadoras necesarias en cada célula. Además, el tráfico no es constante, éste varía entre el día y la noche, entre un día y otro, y demás factores. La telefonía celular implica movilidad y por lo tanto los usuarios pueden moverse de un área a otra durante el curso del día.

Es importante que el número de canales de señalización (SDCCH's) este lo mejor dimensionado, tomando en cuenta el comportamiento del sistema en varias partes de la red. Por ejemplo, las células que se localizan bordeando un área diferente de localización, puede tener una pérdida de la actualización de localización, y las células que se encuentran en una avenida probablemente pueden tener muchos handovers. Para calcular los SDCCH's necesarios se debe tomar en cuenta el número de intentos para cada procedimiento que usa al SDCCH, así como el tiempo que cada procedimiento ocupa al SDCCH. Los procedimientos son la actualización de la localización, la asignación del IMSI (international mobile subscriber identity) y el término de ésta, establecimiento de la llamada, servicio de mensajes cortos (SMS) y servicios complementarios. Debe también

estimarse el número de accesos falsos. Esto es típicamente un número alto, pero sigue siendo pequeño si se le compara con la cantidad de tráfico de tráfico.

Cuando el grado de servicio que debería ser usado se escoge en las tablas de tráfico se debe tener en mente que las llamadas van a través de dos dispositivos diferentes el SDCCH y el TCH, figura 3.6.

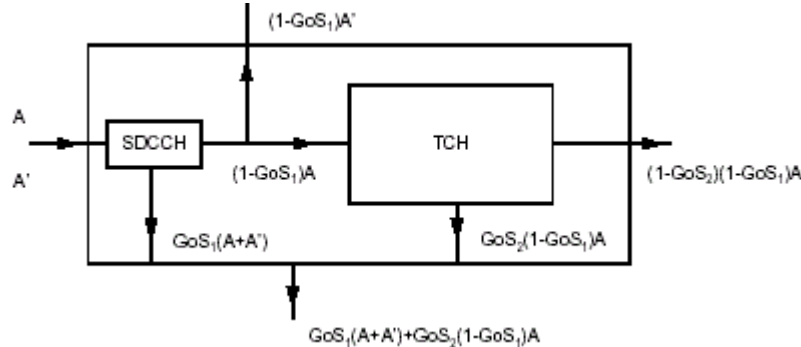


figura 3.6 La llamada yendo a través de dos dispositivos

Si A es el tráfico en el SDCCH para una llamada normal y para establecimiento de fax y A' es el tráfico contado para el resto de los procedimientos que se llevan a cabo en el SDCCH, se puede obtener el grado de servicio global, GoS_T , para llamadas que van a través de un SDCCH y un TCH:

$$GoS_T = GoS_1 + (1 - GoS_1)GoS_2$$

Donde GoS_1 es el grado de servicio en el SDCCH y GoS_2 es el grado de servicio en el TCH. De aquí podemos asumir que el grado de servicio dado por el operador corresponde al de los canales de tráfico, esto es, GoS_2 , es obvio que se necesita un mejor grado de servicio en el SDCCH. Esto no es sólo importante por la señalización que se realiza en él, sino también por el grado de servicio global que podría ser mayor que el grado de servicio esperado por el operador.

El dimensionamiento más exacto del SDCCH se realiza buscando en el nivel de congestión en los TCH's y los SDCCH's para la célula específica. La configuración óptima se realiza seleccionando una configuración con tantos TCH's como sea posible, sin permitir que el GoS_1 exceda $\frac{1}{4}$ del GoS_2 (con sólo cuatro SDCCH's, $GoS_1 \leq GoS_2$).

El SDCCH sólo se puede colocar en pasos de cuatro u ocho, como se requiere por las especificaciones de GSM, esto es, una célula puede tener cuatro, ocho, doce, etc., SDCCH, pero no más de 128.

3.2.1 Utilización de canal.

Asumamos el problema de encontrar el número necesario de canales de tráfico para una célula, para dar servicio a usuarios con un tráfico de 33 E. El grado de servicio durante la hora ocupada no excede el 2%. Considerando los requerimientos mencionados y consultando la tabla B de England, encontramos que se necesitan 43 canales.

N	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2	.4	n
43	30.734	31.069	31.374	31.656	33.758	35.253	37.565	42.011	49.851	69.342	43

Tabla 3.2 Valores de Reglad usados en el ejemplo.

Asumamos que 5 células están diseñadas para cubrir la misma área como una célula simple. Estas cinco células deben de manejar la misma cantidad de tráfico que la célula mencionada de 33 E. El grado de servicio aun es del 2 %. Primero, el tráfico total esta dividido entre las células (siguiente tabla). La distribución del tráfico sobre varias células resulta en una necesidad de más canales, que si hubiera sido concentrado en una sola célula.

Esto demuestra que es más eficiente usar muchos canales en una célula grande. Para calcular la utilización de canal. El ofrecimiento de tráfico se reduce por el GoS de 2% (dando el servicio de tráfico) y dividiendo éste valor entre el número de canales (dando la utilización de canal).

Con 43 canales (como en el ejemplo previo de una célula sencilla) la utilización de canal es $33.083/43=77\%$, es decir, cada canal es usado aproximadamente el 77% de el tiempo. Sin embargo, dividiendo esta célula en células más pequeñas, se requieren más canales de tráfico y por lo tanto la utilización del canal decrece.

Célula	Tráfico (%)	Tráfico(E)	Nº de canales	Utilización de canal (%)
A	40	13.20	21	62
B	25	8.25	15	54
C	15	4.95	10	49
D	10	3.30	8	40
E	10	3.30	8	40
Σ	100	33.00	62	

Tabla 3.3 Utilización del canal dependiendo de tamaño de la celula.

Como veremos más adelante, los problemas de capacidad y la interferencia nos previenen desde siempre el esquema más efectivo de utilización de canal, y éstas soluciones deben estar comprendidas entre la eficiencia y la calidad.

3.3 Balanceo del sistema.

Se dice que un área se encuentra con cobertura si la potencia de la señal que recibe el móvil, dentro de esta área es mayor que un valor mínimo determinado. El valor típico en este caso se encuentra alrededor -90 dBm (1 pW). Sin embargo, la cobertura en los sistemas de comunicaciones de dos vías está determinado por la dirección de transmisión más débil. Para este propósito se toman en cuenta las señales de uplink y downlink. Esto significa que la señal recibida por la BTS venida desde el móvil en un área debe de ser mayor que algún valor mínimo. No tiene sentido entonces tener diferentes coberturas para las señales de uplink y downlink debido a que esto causa una cantidad excesiva de energía disipada en el sistema, sumando interferencias y costos. Antes de que se empiece el calculo de la cobertura de debe de obtener un balance del sistema.

Para lograr este balance es necesario asegurarse que el límite de sensibilidad del móvil, MS_{sens} , (para la transmisión downlink) es llevado al mismo punto que el límite de sensibilidad de la BTS, BTS_{sens} , (para la transmisión uplink).

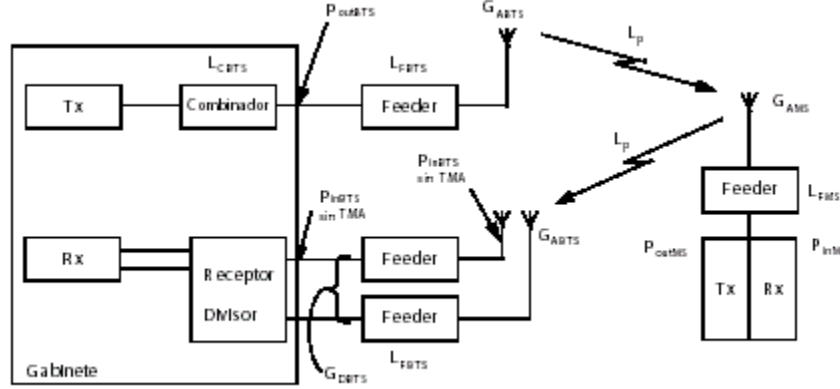


Figura 3.7 Esquema de los componentes incluidos en sistema balanceado
 Las abreviaciones tienen los siguientes significados
 G= Ganancia, L= pérdida, a=antena, f=feeder y jumper (guía de onda)
 C=combinador, TMA=amplificador montado en torre y D=diversidad

La potencia de entrada, $P_{in_{MS}}$, en el receptor del móvil iguala a la potencia de salida, $P_{out_{BTS}}$, de la BTS más las ganancias y pérdidas.

$$P_{in_{MS}} = P_{out_{BTS}} - L_{c_{BTS}} - L_{f_{BTS}} + G_{a_{BTS}} - L_p + G_{a_{MS}} - L_{f_{MS}}$$

y

$$P_{in_{BTS}} = P_{out_{MS}} - L_{f_{MS}} + G_{a_{MS}} - L_p + G_{a_{BTS}} + G_{d_{BTS}} - L_{f_{BTS}}$$

Para algunas configuraciones de pérdida "duplex", $L_{dupl_{BTS}}$, puede ser importante. Si la diversidad de polarización se usa, entonces debe de introducirse una pérdida de downlink de inclinación de polarización ($\pm 45^\circ$), $L_{slant_{BTS}}$ (si se utiliza una antena de $\pm 45^\circ$ de polarización para la transmisión de downlink) de cerca de 1.5 dB.

Asumiendo que la pérdida por trayectoria, L_p , es idéntica para el uplink como para el downlink (una suposición buena mientras la diferencia en la frecuencia es sólo del orden del 5%) y que las antenas de transmisión y de recepción de la BTS tiene la misma ganancia. Restando la segunda ecuación de la primera se obtiene:

$$P_{in_{MS}} - P_{in_{BTS}} = P_{out_{BTS}} - P_{out_{MS}} - L_{c_{BTS}} - G_{d_{BTS}}$$

además igualando los términos: $P_{in_{MS}} - P_{out_{BTS}} = MS_{sens} - BTS_{sens}$ se obtiene

$$P_{out_{BTS}} = P_{out_{MS}} + L_{c_{BTS}} + G_{d_{BTS}} + (MS_{sens} - BTS_{sens})$$

La potencia de salida de la BTS, $P_{out_{BTS}}$, medida en la salida RX debe de ser mayor que la potencia de salida del MS (móvil), $P_{out_{MS}}$, por un valor correspondiente a la suma de la ganancia de diversidad, $P_{out_{MS}}$, la pérdida del combinado, $L_{c_{BTS}}$, y la diferencia entre la sensibilidad ($MS_{sens} - BTS_{sens}$). Note que los puntos de referencia para las sensibilidades debe de ser diferente cuando se hace el balanceo, por ejemplo el sistema de GSM 1900 que usa amplificadores de bajo ruido en antena (ALNA). Ericsson usa valores nominales de sensibilidad para propósitos de planeación celular.

Por ejemplo para un sistema de GSM 900 en la cual tenemos los siguientes valores $P_{out_{MS}} = 2W$ ó 33 db, $G_{dB_{TS}} = 3.5$ dB, $L_{C_{BTS}} = 3$ dB, y usando valores de sensibilidad $MS_{sens} = -104$ dBm y $BTS_{sens} = -110$ dBm se obtiene una potencia de salida de BTS:

$$P_{out} = 33 + 3 + 3.5 + (-104 + 110) = 45.5 \text{ dBm}$$

Por lo tanto, se necesita una BTS de 35 W. La potencia de salida de la BTS necesita ser mayor que la potencia de salida del móvil, porque no sólo la BTS es más sensible (y por lo tanto puede aceptar señales menos potentes), tiene también una pérdida extra durante la transmisión, $L_{C_{BTS}}$, y una ganancia extra cuando recibe, $G_{dB_{TS}}$. Note que el balance es independiente de la ganancia de la antena.

Sin embargo, la cobertura puede ahora ser cambiada, cambiando la ganancia de la antena, puesto que ésta es simétrica, por ejemplo incrementando la cobertura de downlink, haciendo un incremento en la ganancia de la antena, es equilibrado por un correspondiente aumento en la cobertura del uplink.

La potencia de salida de la BTS nunca debe ser cambiada una vez que el sistema ha sido balanceado para una configuración particular y para una clase de móvil. Nota: si se desea células más pequeñas, la potencia puede ser decrementada debido a que esta será concordada por un correspondiente, forzado decremento en la potencia de salida del móvil.

3.3.1 Potencia efectiva radiada.

La potencia radiada por la antena está dada por $P_{out_{BTS}} - L_{f_{BTS}} + G_{a_{BTS}}$. Sin embargo, debido a que la antena tiene ganancia, concentrando la radiación en una cierta dirección, la potencia efectiva radiada, ERP , o $EiRP$, se usa por lo general para describirla.

$$EiRP = P_{out_{BTS}} - L_{f_{BTS}} + G_{a_{BTS}}$$

La i indica que la ganancia de la antena, $G_{a_{BTS}}$, se dio respecto a una antena isotrópica (dipolo), esto es, en unidades de dBi (dBd). La potencia efectiva radiada puede entenderse como la potencia con la tendría que cargarse una antena isotrópica, si ésta fuera a emitir la misma densidad de potencia como una antena en una dirección dada con la ganancia $G_{a_{BTS}}$. La diferencia entre $EiRP$ y ERP es 2.15 dB. Por lo tanto, la relación entre $EiRP = ERP + 2.15$.

3.4 Predicciones de cobertura.

Es importante poder estimar la cobertura de la célula, no sólo para determinar el tamaño de la célula, sino también para estimar la interferencia. La definición de cobertura es usualmente la siguiente: un área se considera cubierta, si en el 95 por ciento de esta área, la señal recibida por el móvil es mayor que algún valor requerido por ejemplo -90 dB. Para poder obtener lo anterior, la potencia predicha de la señal en los límites de la célula debe ser mayor que algún valor designado por ejemplo, $SS_{design} = -85$ dB, esto es:

$$P_{in_{MS}}(predicta) = SS_{designad}$$

La potencia de la señal requerida y los valores designados son estimados sumando márgenes a la sensibilidad del receptor del móvil. Estos son: márgenes de desvanecimiento lento y rápido, márgenes de interferencia, márgenes por pérdidas debidas a cuerpos, y márgenes adicionales para cobertura dentro de carros y edificios. Los márgenes dependes del medio ambiente y de los requerimientos del operador.

Es muy importante el poder estimar la potencia de la señal en todas partes del área de cobertura, esto es, predecir la pérdida por trayectoria. Se pueden hacer mejoras si se toman en cuenta los siguientes puntos:

El hecho de que las ondas de radio son reflejadas hacia la superficie de la tierra (la conductividad de la tierra es un parámetro importante).

Las pérdidas de transmisión debido a las obstrucciones en la línea de vista.

El radio finito de la curvatura de la tierra.

El tipo de terreno en un caso real, así como las diferentes propiedades de atenuación de los diversos tipos de usos del suelo, por ejemplo bosques o zonas urbanas.

Los mejores modelos que se usan son semi-empíricos, esto es, basados en medidas de pérdidas por trayectoria y atenuaciones en varios terrenos. El uso de tales modelos son motivados por el hecho de que la radio propagación no se puede medir en cualquier lugar. Sin embargo, si las medidas pueden llevarse a cabo en ambientes típicos, los parámetros de los modelos pueden ajustarse para que éstos se conviertan en una buena aproximación de un tipo particular de terreno. A continuación se presentan algunos de los modelos utilizados.

3.4.1 Tierra conductiva llana.

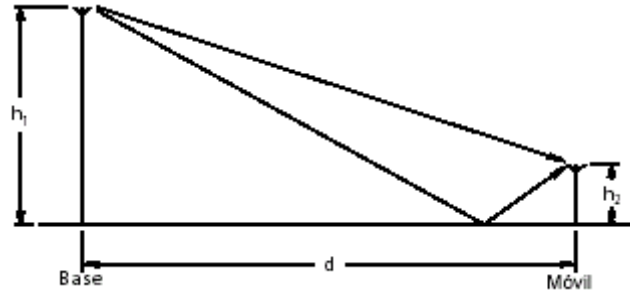


Figura 3.8 Propagación de la onda de radio sobre tierra conductiva llana.

En la figura 3.8 las reflexiones contra la superficie de la tierra se toman en cuenta. Si se asume una propagación sin obstáculos a través del espacio libre, la señal en la antena receptora puede verse como la suma de una señal directa y una reflejada, si se asume también que la tierra es un conductor perfecto (difícilmente una buena suposición, excepto posiblemente, para el agua de mar), esto es, pérdidas por reflexión libre, esto lleva, para la potencia recibida en la antena receptora, al término de interferencia:

$$P_r = \frac{P_t G_r G_t \lambda^2 \sin^2 \left(\frac{2\pi h_1 h_2}{\lambda d} \right)}{(2\pi d)^2}$$

el cual es la suma cuadrada de las amplitudes de campo de la onda directa y de la reflejada. Asumiendo que $h_1 h_2 \ll \lambda d$ (esto es, ángulos pequeños), la función seno puede ser reemplazada por su argumento en radianes y se tiene entonces:

$$P_r = \frac{P_t G_r G_t (h_1 h_2)^2}{d^4}$$

ó

$$L = 10 \log \left(\frac{P_t}{P_r} \right) = 20 \log \left(\frac{d^2}{h_1 h_2} \right) - 10 \log(G_r) - 10 \log(G_t)$$

La expresión $20 \log(d^2/(h_1 h_2))$ corresponde a la pérdida por trayectoria.

3.4.2 Difracción “filo de cuchillo”.

Además de la pérdida por trayectoria se puede tomar en cuenta la obstrucción de la línea de vista, calculando el patrón de difracción (Fresnel) en el receptor. La intensidad es una función de la altura de la obstrucción sobre (o debajo) de la línea de vista, así como de las distancias transmisor-objeto y receptor objeto, figura 3.9.

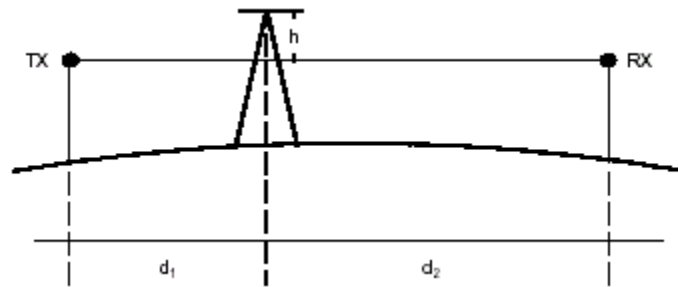


figura 3.9 Difracción “filo de cuchillo”

La derivación de la expresión es algo larga, por lo que sólo se muestra la expresión que nos da la atenuación adicional llamada “filo de cuchillo”. La atenuación adicional se lee como una función del parámetro v , figura 3.10, la cual está dada por:

$$v = h \sqrt{\frac{(d_1 + d_2)}{\lambda d_1 d_2}}$$

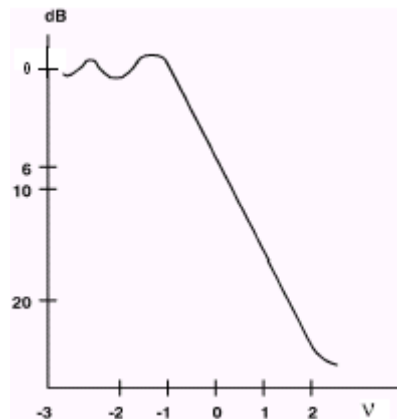


figura 3.10 Pérdida de la difracción filo de cuchillo como una función de v

3.4.3 Mediciones de campo y modelos semi-empíricos.

Los modelos discutidos anteriormente no toman en cuenta las variaciones topográficas en el ambiente real o las diferentes propiedades de atenuación de los diversos usos de suelo, como podrían ser los bosques o las áreas urbanas. Aunque los cálculos tomando en cuenta todos los detalles, son posibles, estos llevarían mucho tiempo y no son prácticos para que el planeador de

células los use. Realmente, se pueden usar datos empíricos. Un ejemplo de esto se muestra en la figura 3.11. Esta figura son gráficas de mediciones realizadas por el ingeniero Okumura[10]. Es interesante notar que los modelos en el espacio libre llevan consistentemente a potencias de campo más altas, esto es, lleva a menores pérdidas por trayectoria que las mediciones.

Okumura hizo mediciones en varios tipos de terrenos, cada uno llevándolo a un nuevo grupo de curvas. Sin embargo, los diagramas pueden utilizarse sólo como una guía general, ya que los terrenos difieren de lugar a lugar, y las variaciones locales en la topografía, así como el uso del suelo no se contemplan por éstas.

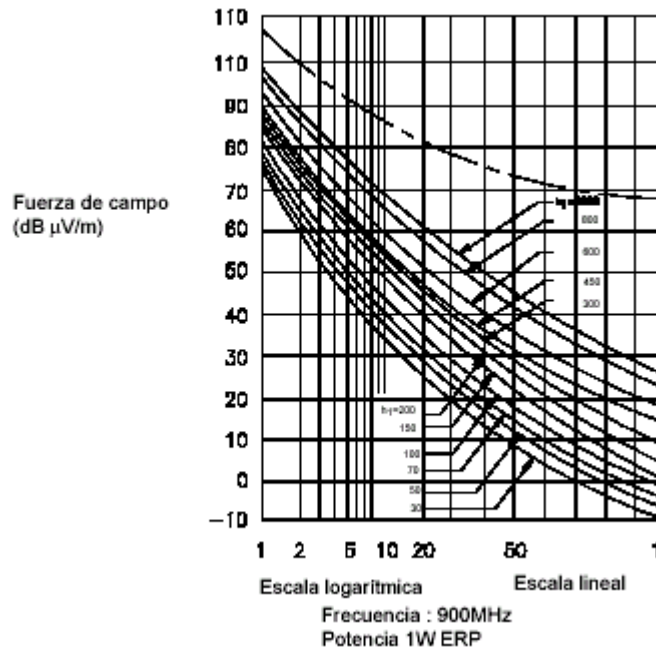


Figura 3.11 Medidas de campo de Okmura[10]

Los datos empíricos pueden utilizarse para mejorar modelos más elaborados. En particular, la atenuación como una función del tipo de terreno y uso del suelo, por ejemplo, en 1980, Hata presentó un número de formulas semi-empíricas en las mediciones de campo hechas por Okumura[1].

Como un ejemplo la expresión para la pérdida por trayectoria en áreas urbanas está dado como:

$$L_p(\text{urban}) = 69.55 + 26.16 \log f - 13.82 \log h_b + (44.9 - 6.55 \log h_b) \log d - a(h_m)$$

Donde:

$$a(h_m) = (1.1 \log f - 0.7) h_m - (1.56 \log f - 0.8)$$

f = frecuencia portadora en MHz (150 – 1000 MHz)

h_b = la altura de la antena de la radio base dada en metros. (30-200 m)

d = distancia en kilómetros desde la radio base (1-20 km).

h_m = altura de la antena móvil sobre la tierra en metros (1-10 m).

Debe de notarse que esta fórmula es estrictamente válida sólo para áreas urbanas en terrenos japoneses casi planos, pero esta es también usada para estimados generales de la cobertura de la célula. Para el mismo tipo de terreno, esta formula puede ser ajustada:

$$L_p(\text{suburban}) = L_p(\text{urban}) - 2[\log(f / 28)]^2 - 5.4$$

$$L_p(\text{open}) = L_p(\text{urban}) - 4.78(\log f)^2 + 18.33 \log f - 40.94$$

para otros dos tipos de usos de suelo.

Otro modelo que vale la pena mencionar es el “cost 231-Hata model” que puede usarse cuando la frecuencia portadora se encuentra en el intervalo de 1500 a 2000 MHz, como es el caso de GSM 1900.

$$L_p = 46.3 + 33.9 \log f - 13.82 \log h_b + (44.9 - 6.55 \log h_b) \log d - a(h_m)$$

3.4.4 Algoritmo 9999.

El modelo de predicción usado por Ericsson, algoritmo 9999 (valido entre 0.2-100 km), está basado en ideas similares a las de Hata, en las que datos empíricos se usan para ajustar los parámetros para la atenuación causada por los diferentes usos de tierra. Independientemente de que modelo se use actualmente, la precisión de las predicciones depende fuertemente de las mediciones de campo realizadas.

Los modelos semi-empíricos son usados debido a que la radio propagación no puede ser medida en cualquier lugar. El algoritmo 9999 toma en cuenta el uso de suelo por medio del uso de datos de mapas digitalizados, así como la difracción “filo de cuchillo” y los efectos de la curvatura de la tierra. El algoritmo, el cual está incorporado al “TEMS cellplanner” calcula la perdida por trayectoria para ondas de radio entre dos coordenadas espaciales. Desde la antena, la perdida por trayectoria se calcula en todas direcciones para una distancia arbitraria a ésta. Estas mediciones dan una aproximación cercana a los ± 5 dB, si los parámetros en el modelo han sido optimizados por las mediciones de campo de la potencia de la señal. De estas predicciones, se pueden calcular varios arreglos. Los arreglos están basados en los datos de la célula, por ejemplo, la salida de potencia de los radios (TRX's), la ganancia de la antena, y la frecuencia de los diferentes radios; son rápidamente calculados ya que la pérdida por trayectoria es conocida y no cambia, a menos que la antena sea movida.

Estos arreglos son realmente usados y el “TEMS cellplanner” puede graficarlos en mapas para obtener un despliegue gráfico de las predicciones. La potencia de la señal (SS), los coeficientes de portadora a interferencia (C/I) y portadora a adyacente (C/A), así como otra información, esto ayuda al diseñador a verificar el plan de célula nominal y a mejorar el diseño del sistema.

Además de el algoritmo 9999, el “TEMS cellplanner” soporta otros modelos, incluyendo el modelo “cost 231-Walfish-Ikegami” (valido entre 0.02 y 5 km), que puede ser usado en áreas urbanas debido a que este usa la orientación de las calles, la altura de los edificios, separación entre los edificios y el ancho de las carreteras. Sin embargo, para ambientes urbanos, el modelo preferido es el modelo urbano[9].

3.4.5 Modelo urbano.

En el ambiente urbano, hay mayormente dos trayectorias de propagación de ondas de radio:

- Sobre las azoteas.
- A través de las calles.

Para las distancias lejanas al sitio, la primera domina, pero para las cercanas, domina la segunda. El modelo urbano es un concepto de dos diferentes algoritmos de propagación de ondas:

- Modelo de media pantalla.
- Modelo de microcélula recursiva.

El modelo de media pantalla se utiliza para calcular la propagación sobre las azoteas. Los obstáculos, tales como edificios y árboles entre transmisor y móvil, son reemplazados por un número de pantallas con alturas correlacionadas con las alturas de los obstáculos. La pérdida por trayectoria se calcula entonces utilizando una aproximación múltiple de “filo de cuchillo”.

El modelo de microcélula recursiva calcula la propagación sobre áreas abiertas, por ejemplo, a través de las calles. Las posiciones exactas de los edificios se utilizan para las trayectorias de propagación. La pérdida por trayectoria se calcula determinando la llamada distancia ilusoria entre el transmisor y el móvil en un sistema de calle.

3.5 Planeación de canal.

La solución más simple para el problema de la planeación celular es tener una célula y usar todas las portadoras disponibles en esta célula, figura 3.12. Sin embargo, esta solución tiene limitaciones severas ya que la cobertura rara vez puede mantenerse en el área deseada. Además, aun cuando la esquemática de canal pueda ser muy alta, la capacidad limitada pronto se convierte en un problema debido a el número limitado de portadoras disponibles para cualquier operador.

Un sistema celular está basado en el reuso del mismo grupo de frecuencias, el cual es obtenido, dividiendo el área necesaria a dar cobertura en pequeñas áreas (células), las cuales en conjunto forman clusters. Un cluster es un grupo de células en el cual todas las portadoras disponibles han sido usadas una vez (y sólo una vez). Puesto que las mismas portadoras son usadas en las células en los clusters vecinos, la interferencia puede convertirse en un problema. De aquí la distancia de reuso de frecuencias (la distancia entre dos sitios que usen la misma portadora) deben de mantenerse lo más alta posible desde el punto de vista de la interferencia. Y al mismo tiempo la distancia de reuso de frecuencia debe de ser la mínima posible desde el punto de vista de la capacidad.

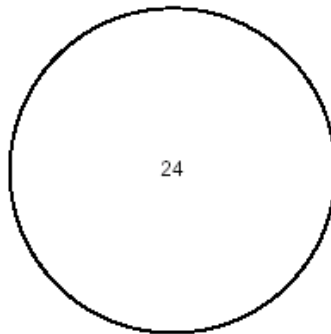


Figura 3.12 Ejemplo de un área servida por una célula con 24 portadoras

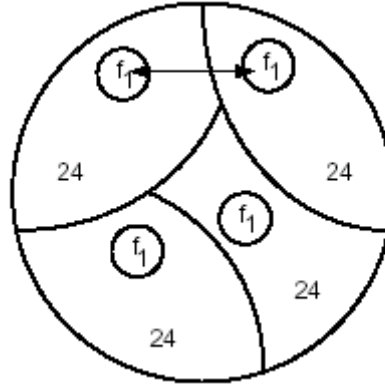


Figura 3.13 La misma área de la figura 3.12 pero ahora esquemáticamente dividida en cuatro clusters, cada uno usando todas las portadoras. Los círculos más pequeños indican células individuales donde la frecuencia f_1 , es usada y la distancia entre los correspondientes sitios, conocida como distancia de reuso de frecuencia se ilustra como la fecha doble.

Los patrones de reuso fueron discutidos ya en la sección de interferencia. Se dará sólo el ejemplo de un operador se le han dado 5 MHz de ancho de banda y distribuye las portadoras en nueve células:

Grupo de canales	A1	B1	C1	A2	B2	C2	A3	B3	C3
Canales de RF	512	513	514	515	516	517	518	519	520
	521	522	523	524	525	526	527	528	529
	530	531	532	533	534	535			

Tabla 3.4 Portadoras distribuidas en nueve células.

En la tabla 3.4 se muestran 24 frecuencias en un plan de célula 3/9. Los números de radio frecuencia absoluta (ARF), dados aquí, corresponden al intervalo de frecuencia 1710-1715 MHz.

Para este ejemplo, se puede ver que los canales usados para la misma célula de patrón 3/9 (4/12) son siempre 9(12) frecuencias de separación. Esto es benéfico con respecto a las propiedades de los filtros combinadores.

El patrón de reuso 3/9 tiene canales adyacentes en algunos pares de células adyacentes (A1,C3), lo cual llama la atención cuando se usa este patrón de reuso.

Por lo tanto, un plan nominal celular está constituido por un patrón hexagonal de células donde los sitios típicamente están distribuidos de forma equidistante, y donde, idealmente, pueden ser colocados de acuerdo a un patrón uniforme. Sin embargo, esto es rara vez el caso, porque las células varían por lo general de tamaño. Por esta razón, los planes celulares nominales deben de ser verificados por medio de predicciones o radio mediciones, para asegurar que la interferencia no se convierta en un problema.

3.5.1 Regiones de transición.

Un patrón de reuso uniforme implica una densidad de tráfico constante en el área de cobertura de la red. En la práctica sin embargo, la densidad de tráfico varía considerablemente sobre el área durante el día. Esto significa que células de diferentes tamaños se usan en diversas partes de los sistemas, células de tamaño pequeño se utilizan en áreas de tráfico alto (normalmente urbanas), células grandes en áreas con poco tráfico.

La figura 3-14 muestra un caso donde las células tienen tamaños ajustados dentro de un área de cobertura. Esto plantea problemas especiales para la planeación de canales, al variar la distancia de reuso por los diferentes tamaños de las células. Para prevenir que una célula de tamaño menor a la mitad de la distancia de reuso de la célula de mayor tamaño, interfiera en la más grande, se deben de utilizar otros canales de radio frecuencia en estas células. Se necesita una zona de tope donde no sean usados los mismos canales de radio frecuencia en las células pequeñas y en las células grandes. Esto es algunas veces costoso, pero es una medida inevitable. Otra posibilidad que iguala este tipo de cobertura variada es el uso de células sobrepuestas. Aquí aun existe la necesidad de tener planeaciones de canales separados.

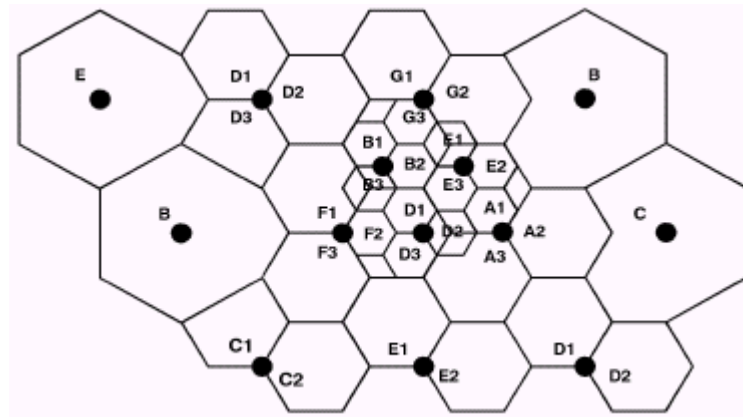


Figura 3.14 Red celular.

3.5.2 Código de color de la red y de la estación base.

El código de identidad de la estación base (BSIC) está compuesto por dos identidades:

- Código de color de la red(NCC).
- Código de color de la BTS(BCC).

El NCC se usa para discriminar entre células de dos diferentes PLMN's (public land mobile network) que usen la misma frecuencia. Estas PLMN's siempre se encuentran en diferentes países, ya que las PLMN's de un mismo país usan diferentes frecuencias portadoras. Los operadores en diferentes países deben decidir entre ellos mismos que NCC tendrán. Los operadores pueden usar más de un valor de NCC, tantos como ellos hayan acordado en sus áreas límites.

El móvil reporta al BCC por lo que la BSC puede distinguir entre las diferentes células que transmiten a la misma frecuencia. Si se usan clusters con reuso de frecuencia, se recomienda que todas las BTS's en un cluster usen el mismo BCC, y que se use otro BCC en un cluster adyacente.

El BSIC (Base Station Identity Code) está definido por célula y se envía en el SCH sobre la portadora BCCH[9].

3.6 Inspecciones y evaluaciones de sitio.

La planeación de las células resulta en una planeación nominal de la posición de los sitios. Si el operador tiene acceso a locaciones existentes, es necesario adaptar la planeación celular de acuerdo a estas locaciones. Por esta razón, es importante que el diseñador de células tenga un conocimiento básico de las locaciones que se pueden utilizar.

El trabajo sobre el sitio que resulta de la planeación celular, toma el nombre de inspección de la red de radio. En la siguiente sección se describe los aspectos más importantes de ésta.

3.6.1 Requerimientos de sitio.

El diseño propuesto de la red muestra localizaciones aproximadas de los sitios. La posición exacta depende de la posibilidad de construcción de éste en una locación sugerida.

Se necesitan diferentes tipos de permisos, por ejemplo los de planeación con las autoridades de obras públicas. Las torres y los mástiles siempre requieren permisos de planeación, y en muchos casos permisos de aviación civil o de autoridades militares. Permisos para usar el sitio o un contrato de renta que se haya realizado con el dueño del sitio.

Además de la necesidad de los permisos, se debe de tomar en cuenta lo siguiente[9]:

- Caminos de acceso: el sitio debe ser accesible para el personal de instalación y para camiones pesados. Si no hay un camino que dirija al sitio, se necesitará un helicóptero para el material de instalación y para la instalación de la torre o el mástil.
- Transporte y almacenamiento de material: el sitio debe de tener un área adecuada para la descarga y el manejo de materiales.
- Requerimientos de espacio: para sitios cuyo equipo de radio se coloca a la intemperie, es necesario que el área de terreno sea lo suficientemente grande para que quepan el equipo de radio y la base de la torre o mástil. Se deben de instalar los cables de alimentación y se debe de encontrar una fuente de poder en la vecindad del sitio si es que la energía no está disponible en éste. Para radio bases en las que el equipo de radio se encuentra dentro de un cuarto contenedor, este cuarto contenedor debe de cumplir con ciertos requerimientos concernientes a la conexión de la energía eléctrica, tales como los contactos y el acceso al sistema de tierra. También es necesario un espacio para el transporte de los productos de interfaz de la red.
- Estructuras de soporte de las antenas: éstas deben de proveerse. Pueden consistir de varios tubos cortos sobre la azotea, mástiles volados, o torres autosoportadas. El término torre se aplica a estructuras autosoportadas y el término mástil se refiere a estructuras soportadas por medio de tirantes (cables de acero tensos).
- Suministro de energía eléctrica (CA): dependerá del equipo que va a ser instalado, cada uno de éstos cuenta con datos técnicos que indican los requerimientos necesarios.
- Acceso de transmisión: se necesitan varias líneas de transmisión PCM. Se puede tener uno de los siguientes estándares de red para transmisión. El primer caso es líneas de 2 Mbit/s PCM con 75 Ω no balanceadas o 120 Ω balanceadas; el segundo caso es líneas de 1.5 Mbit/s PCM con 100 Ω balanceadas.

3.6.1 Inspección de la red de radio.

Consideraciones básicas:

Es probable que el operador del sistema tenga un número de edificios alternativos, los cuales pueden usarse en la fase de planeación de la red celular. Una razón para esto es la reducción de costos iniciales.

Se deben estudiar los siguientes aspectos de la selección de sitio:

- Posición relativa para la red nominal.
- Espacio para las antenas.
- Separación de las antenas.
- Obstáculos cercanos.
- Espacio para el equipo de radio.
- Suplemento de energía y banco de baterías.
- Enlaces de transmisión.
- Estudio de área de servicio.
- Contrato con el dueño.

Posición relativa a la red nominal.

El estudio inicial para un sistema celular por lo general resulta en un patrón celular con posiciones nominales para las locaciones de los sitios. Los edificios existentes pueden entonces adaptarse de tal manera que las posiciones reales son establecidas y reemplazan a las posiciones nominales. La visita al sitio es para asegurar la locación exacta (direcciones, coordenadas y nivel al piso). Para una posición nominal específica puede usarse más de un sitio existente.

Espacio para antenas.

Las predicciones de radio propagación proveen una indicación sobre que tipo de antenas pueden usarse en la radio base y en que dirección deben de ser orientadas.

La altura predicha para la antena puede usarse como una guía cuando el estudio de un sitio comienza. Si se encuentra un espacio dentro de un máximo de desviación de 15 % de la altitud original, se pueden usar las predicciones con suficiente precisión.

Si es posible instalar las antenas en una posición más alta que la predicha, el operador debe asegurarse que no hay riesgo para que exista interferencia de co-canal. Si las antenas van a ser instaladas en una posición más baja que la predicha, se deben de llevar a cabo nuevas predicciones para esta posición.

No es necesario que todas las antenas en una célula particular tengan la misma altura o dirección. Es decir, es posible tener células en la misma radio base con antenas a diferentes alturas. Puede ser este el caso si en algunas direcciones el espacio está limitado. Hay también razones de planeación de células para poner las antenas a diferentes alturas. Dentro de estas razones se encuentran la cobertura, la diversidad, el aislamiento y la interferencia.

Separación de antenas.

Hay dos razones para que las antenas sean separadas unas de otras, y además separadas éstas de otro sistema de antenas.

- Para lograr la diversidad de espacio.
- Para lograr el aislamiento.

La separación horizontal para obtener la suficiente diversidad de espacio entre las antenas es de $12-18 \lambda$ o 4-6 metros para un sistema GSM 900 y 2-3 m para un sistema GSM 1800/1900. los valores típicos de distancia de separación entre antenas para lograr el suficiente aislamiento (normalmente 30 dB) son 0.4 m horizontal, 0.2 m vertical.

Obstáculos cercanos.

Un aspecto importante en la evaluación de la red de radio es el clasificar los alrededores cercanos con respecto a la influencia sobre la radio propagación. En las redes de comunicación tradicional punto a punto, se requiere una trayectoria de línea de vista. Un criterio de planeación es tener la primera zona de Fresnel libre de obstáculos (La zona de Fresnel es el área en el espacio abierto que debe de estar prácticamente libre de obstrucciones para que funcione apropiadamente; algunas condiciones de la consideración de Fresnel se requiere en la vecindad inmediata del campo de microondas).

No es posible seguir esto debido a que la trayectoria entre la base y el móvil, no es por lo general una línea de vista. En áreas citadinas, un criterio de planeación es proveer de márgenes para estos obstáculos.

Si se requiere una cobertura óptima, se necesita tener un espacio libre desde las antenas hasta el obstáculo más cercano de 50 a 100 m. La primera zona de Fresnel está aproximadamente a 5 m dentro de esta distancia, esto significa, que la parte más baja del sistema de antenas tiene que estar 5 metros por encima de sus alrededores.

Espacio para el equipo de radio.

El equipo de radio debe de estar colocado tan cerca como sea posible a las antenas, de tal manera, que se reduzca la pérdida en la guía de onda, y el costo de ésta. Sin embargo, esta desventaja puede ser aceptada debido a que debe de asignarse lugar para el equipo de radio y para las futuras expansiones.

Suplemento de energía / banco de baterías.

Se debe estimar el equipo de suplemento de energía, y la posibilidad de obtener esta energía. Así como el espacio que se requiere para el banco de baterías.

Enlace de transmisión.

La radio base debe de estar físicamente conectada a la BSC. Esto puede realizarse por medio de un radio enlace (microonda), fibra o cable de cobre.

Estudio del área de servicio.

Durante la valoración de la red es importante estudiar las áreas de servicio propuestas, desde las locaciones nominales y alternas. Las predicciones de cobertura deben de checarsse con respecto a las áreas críticas.

Contrato con el dueño.

Debe de existir la documentación legal necesaria entre el propietario del terreno y el usuario del sitio. Por ejemplo de arrendamiento del sitio. Un costo elevado de la renta, puede llevar a considerar la adquisición del sitio.

3.6.2 Radio mediciones.

Parámetros de pérdida de trayectoria.

Una evaluación de radio conlleva a la instalación de un transmisor de pruebas (transportable), en algún lugar del área donde la radio base será instalada. Usando un vehículo especialmente equipado, se puede medir la potencia de la señal. Para este propósito Ericsson ha diseñado un sistema de medición computarizado. Una unidad de asignación, un receptor medidor con antena,

un control y unidad de proceso, y una cinta grabadora, es parte del equipo que se encuentra en la unidad. El nivel de la señal se puede medir en ciertos canales, y para cada canal, se hace un muestreo a una velocidad ajustable. Normalmente las muestras se toman varias veces, por cada longitud de onda utilizada. El dato es procesado antes de que sea almacenado en un disco duro o disquete, y presentados fuera de línea después de la evaluación. Los valores pueden ser presentados referidos al valor medio, desviación estándar o media cuadrada, a lo largo de las rutas de prueba. Los archivos grabados pueden ser importados al EET/TEMS Cell Planner y desplegados en un mapa. Los valores residuales, es decir, las diferencias entre las predicciones y las mediciones, hacen que los parámetros de la pérdida por trayectoria de la predicción se ajusten de acuerdo a las mediciones.

Tiempo de dispersión.

Se deben de realizar mediciones para verificar las predicciones del tiempo de dispersión. Además, si hay problemas de calidad, las mediciones de dispersión se deben de tomar para verificar que el tiempo de dispersión sea la causa real de la pobreza de la calidad.

El equipo usado para la medición del tiempo de dispersión, consiste de un transmisor y un receptor, figura 3-15. El transmisor manda un pulso, la señal se recibe, y la respuesta al impulso es evaluada en un controlador. De esta manera, el tiempo de retraso y la portadora para la radio reflexión pueden encontrarse.

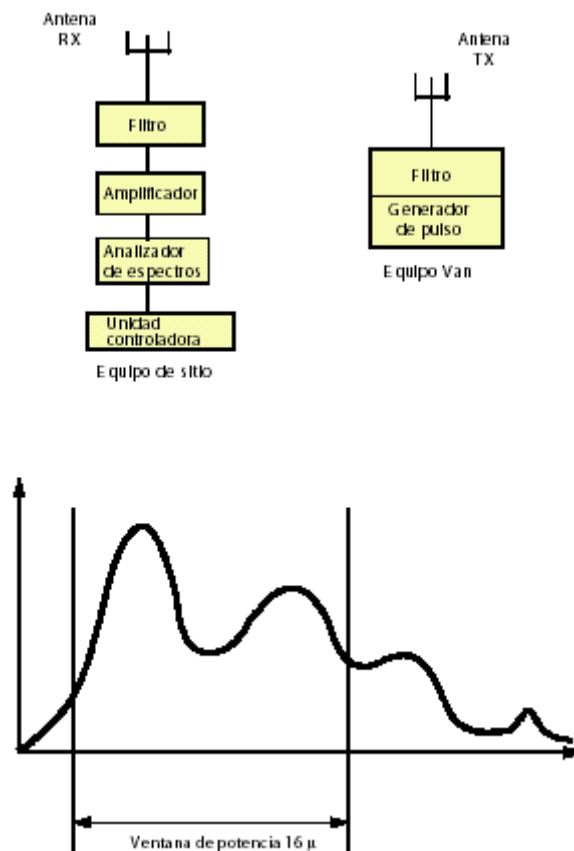


Figura 3-15 Equipo de medición de tiempo de dispersión y respuesta al impulso

Transmisores de interferencia.

Para sitios donde un número de otros radio transmisores están colocados, se recomienda llevar acabo mediciones del espectro de radio y su respectiva interferencia. Después de realizar estas mediciones el sitio se acepta o se rechaza, dependiendo si el nivel de interferencia que existe es aceptable o no.

3.7 Optimización del sistema.

Después de que se ha compilado y se ha aprobado una planeación inicial de célula, se comienza la instalación del equipo de la red. Como una medida de ahorro de tiempo, se puede realizar la optimización del desempeño de la red mientras este se está instalando. A continuación se mencionan algunas de las herramientas que Ericsson utiliza para el diagnóstico de la red y que son utilizadas por los proveedores de servicio GSM en México.

3.7.1 TEMS CELLPLANNER.

El TEMS CELLPLANNER es una herramienta asistida por computadora de Ericsson para la planeación, ingeniería, y optimización de las redes de radio móvil [9].

La herramienta está específicamente diseñada para plataforma Windows e incorpora una opción de manejo de sistemas de relación de bases de datos en SQL (RDBMS), figura 3-16.

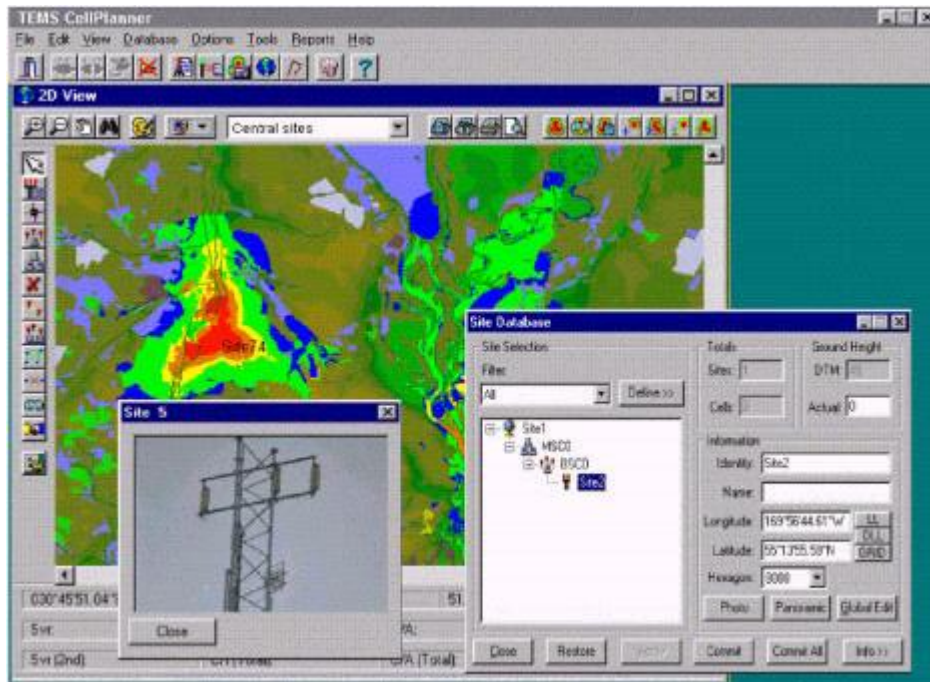


Figura 3-16 El TEMS Cellplanner puede desplegar, datos, mapas y fotos.

TEMS Cellplanner incorpora las siguientes características principales:

- Sistema de administración de base de datos relacionales (SQL RDBMS) para todos los conmutadores, controladores de estaciones base, sitios, células, repetidores, enlaces de radio y equipo de información.
- Un sistema de información geográfica (GIS). Características de la altura del terreno, cálculos de la zona de Fresnel, despliegue gráfico para los enlaces de microonda punto a punto.

- Modelado de la predicción de propagación y cálculo de la cobertura e interferencia de la señal.
- Patrones de reuso múltiple.
- Interfaz abierta a una variedad de sistemas de medición de onda permitiendo la comparación entre la potencia de la señal medida y la predicha. La comparación provee de una retroalimentación directa para los modelos de propagación, que mejoran el funcionamiento del sistema.
- Planeación de la relación de las células vecinas y análisis de handover.
- Planeación automática del uso de frecuencias.
- Planeación y análisis de tráfico.
- Planeación de enlace punto a punto y de la transmisión de la red.
- Usuarios y claves de seguridad.

El TEMS cellplanner es un paquete de tecnología múltiple, que puede usarse para el diseño de redes GSM 900, GSM1800 y GSM 1900. Futuras revisiones soportarán también otras redes celulares estándares como son AMPS, D-AMPS, PDC, TACS, NMT450 y NTM900.

El TEMS para los estándares GSM 900, 1800 y 1900 es una herramienta diseñada para la verificación de los sistemas celulares y para el mantenimiento de la red. Se usa también para la planeación celular y la optimización del sistema. El TEMS consiste de un teléfono móvil Ericsson con características de prueba integradas, un cable serial y un paquete de software para computadora.

3.7.1.1 Presentación.

La información provista por el TEMS se despliega en una ventada de estado. La información incluye la identidad de la célula, el código de identificación de la estación base, el numero de canal de radio frecuencia absoluto (ARFCN) de la portadora de BCCH, código del país del móvil, código de la red móvil y el código de área de localización de la célula en servicio.

Hay también información sobre el nivel de la señal recibida (RxLEV), el código de indentidad de la estación base BSIC, y el ARFCN para más de seis células vecinas; números de canal, número de timeslot, tipo de canal, y compensación de TDMA; modo de canal, número de subcanal, indicación de salto de canal, compensación del indicador de localización del móvil y el número de secuencia de salto de los canales dedicados; nivel de la señal recibida(RxLEV), la medición de la calidad de la señal recibida (RxQUAL), FER (frame erasure radio), transmisión discontinua (DTX) de downlink, índice de calidad de la voz del TEMS (SQI), adelanto en tiempo (TA), potencia de transmisión, contador de tiempo fuera de radio enlace y los parámetros de C/A de las características de transmisión del medio ambiente.

La potencia de la señal, la calidad de la señal de recepción, RxQual, C/A, TA, TxPower, TEMS SQI y FER de la célula en servicio y la potencia de la señal de dos de las células vecinas se pueden desplegar también en la ventana.

Las capas 2 y 3 de mensajes, y los mensajes de voice de la célula del servicio de mensajes punto a punto SMS (SMS) se despliegan en ventanas separadas.

Conectando un teléfono TEMS adicional a un puerto serial vacante en la computadora, se pueden monitorear y registrar datos de dos redes al mismo tiempo. En este caso, los datos del segundo celular son los datos de la célula servidora y la vecina, y los parámetros de radio del ambiente.

3.7.1.2 Registros para archivo.

Después de que el usuario del TMES definió la forma de selección de datos, todos éstos pueden ser almacenados en un archivo de registro. El archivo de registro almacena los eventos y mensajes. Si se adjunta un GPS a la PC también se registra la posición geográfica. Los datos están entonces replicados y analizados.

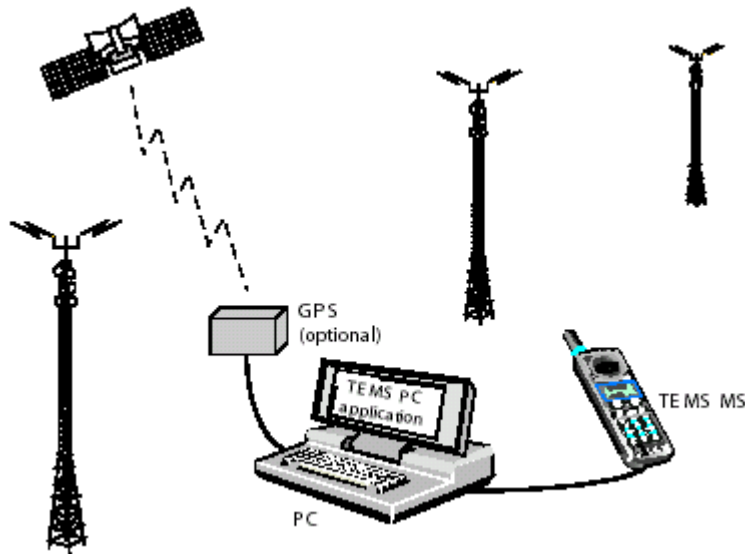


Figura 3-17 Vista general del TEMS

El registro está dirigido desde el menú de registros del MS. Esto hace posible determinar que información registrar. En la realización del registro es posible escoger entre un almacenaje seguro, el cual guarda todos los datos de manera que minimice el riesgo de pérdida de éstos y los registra en un archivo de registro circular. O puede escogerse que el usuario determine el tamaño de los archivos; así cuando el archivo está lleno, este se sobre escribirá con nuevos datos en el archivo registro continuo.

3.7.1.3 Prueba.

Una de las principales características del TEMS es la capacidad para manipular grupos de células y handovers. Esto induce al sistema a revelar cualquier sitio defectuoso.

El TEMS también permite la dedicación de ciertas células para propósitos de pruebas. El TEMS es una excelente herramienta para la prueba y detección de fallas en las interfaces de aire. Esto provee una forma sencilla de tener una red optimizada y totalmente funcional.

Una función nueva disponible actualmente es la medición de C/A. Se ha agragado también una nueva barra de estado. Se pueden manejar un máximo de 64 frecuencias de salto por medio de la ventana de canal dedicado. El manejo de los archivos de registro también se ha mejorado. La ventana de presentación gráfica muestra el CI, LAC, y el nombre de la célula en servicio (proveen del archivo del nombre de la célula en uso).

3.7.2 Transmisor del TEMS.

Para la generación de las señales de prueba, es recomendable (pero no obligatorio) usar uno o más transmisores del TEMS. El transmisor del TEMS es una unidad pequeña que transmite en la banda de downlink. La salida es ajustable entre 17 y 27 dBm. Se transmite un BCCH

completamente modificable en el primer time slot, los otros siete timeslots contiene una portadora no modulada.

En caso de no tener un transmisor de TEMS se puede usar un transmisor de prueba (TTM). Este debe ser un transmisor de onda continua de banda angosta con una potencia máxima de salida de 43 dBm. Adicionalmente, los transmisores regulares pueden usarse para esta función.

3.7.3 TEMS Ligth & Pocket.

El receptor recomendado es el equipo TEMS Ligth. Esta es una estación móvil del TEMS conectada a una pc de mano operada por una pluma. El programa del TEMS Ligth es una versión reducida del TEMS normal, pero con la posibilidad de registrar puntos fijos marcándolos con la pluma en un mapa. La información de los puntos registrados se despliega en un mapa como marcas de colores asociadas con una ventana que contiene más información de cada marca.

Si el TEMS lighth no está disponible, se puede utilizar el equipo estándar de TEMS, o un receptor de prueba (TMR).

Usando el TEMS pocket se puede hacer una verificación más rápida de la cobertura. El TEMS pocket es una estación móvil de pruebas con algunas funciones del TEMS disponibles en el display. Las áreas donde la señal puede ser débil son comprobadas enganchando el TEMS pocket al número de canal absoluto de radiofrecuencia (ARFCN) y al código de la identidad de la estación base (BSIC), se lee después la señal en el display. Hay también una advertencia audible para indicar una señal baja.

3.7.4 CeNA (cellular network analyzer).

El CeNA es una herramienta para analizar la calidad y la disponibilidad de la señal en una red celular, una vista general del CeNA la muestra la figura 3-18. Consiste en:

- Unidades móviles de prueba, que se ponen en vehículos en movimiento dentro del área de interés.
- Un servidor de comunicación, que se puede colocar dondequiera dentro del área de interés.
- Una base de datos para el almacenamiento de los datos de la medición.
- Herramientas de gran alcance para la administración, el análisis, y la presentación.

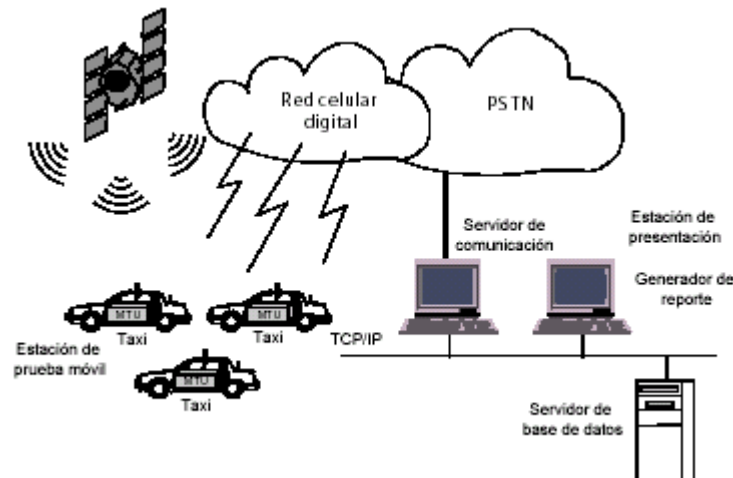


Figura 3-18 CeNa.

El CeNA funciona desatendido, esto significa, que todas las mediciones, las transmisiones de datos y el almacenamiento de resultados están realizados automáticamente según las órdenes de la medición que han sido fijadas por el operador. Estas órdenes se pueden instalar en una terminal de operador y comunicarlás a las unidades móviles sobre la interfaz del aire. Usando la presentación geográfica se permite al usuario ver los resultados en su contexto real, es decir, relacionado con sus posiciones geográficas. Es factible exportar la información, que se ha obtenido de el CeNA a otras aplicaciones.

3.7.4.1 Las unidades móviles de prueba.

Las unidades móviles de prueba del CeNA (MTU's) realizan todas las mediciones de campo en la red inalámbrica. Se ponen en vehículos, como autobuses o taxis, qué constantemente están en movimiento dentro de la zona de cobertura de la red. Cada MTU actúa como un subscritor simulado, e inicia o recibe llamadas en tiempos, lugares y condiciones de la red dados por las órdenes de medición enviados de un centro de administración.

Las tareas principales del MTU son:

- Recibe las órdenes de medición del Servidor de Comunicación.
- Evalúa las ordenes de medición y toma acciones según éstas.
- Hace llamadas de prueba al Servidor de Comunicación.
- Recibe las llamadas de prueba del Servidor de Comunicación.
- Realiza y registra las mediciones en la red móvil.
- Transfiere los resultados de la medición a la base de datos central.
- Transfiere los eventos y diagnósticos del MTU a la base de datos central.

Todas las medidas y eventos son marcadas en tiempo y posición. Se transfieren entonces automáticamente los resultados de las mediciones al servidor de comunicación. Las órdenes de medición se transfieren a los MTU's desde una locación central sobre la interfaz de aire. Se les puede ordenar a los MTU's empezar las llamadas de prueba basándose en tiempo, posición, y parámetros de la red. Pueden ponerse también la duración de las llamadas de prueba, así como los intervalos entre éstas. Los MTU's actuarán, automáticamente, según las órdenes de medición, hasta que se hayan dado nuevas órdenes.

En cuanto se realice una llamada de prueba, según las instrucciones dadas, los MTU's empezarán a hacer las llamadas, realizar las mediciones, y transmitir los resultados al Sistema de Dirección de Base de datos central.

Las medidas realizadas se guardan en una memoria no volátil en la placa del MTU y se transfieren automáticamente de regreso en la base de datos central, en intervalos entre las llamadas de prueba. En caso de interrupción de transferencia de datos, debido a llamadas bloqueadas o caídas, el MTU retransmite los datos tiempo después.

Los MTU's realizan varias medidas importantes. Entre éstas están:

- Medición de la calidad de voz (PSQM).
- El coeficiente C/A.
- FER (frame erasure ratio).
- Desplazamiento de Índice de Asignación del móvil (MAIO).
- Nivel de señal recibido RxLev (RSL), valores totales o subvalores.
- El índice de calidad de voz del TEMS.
- Parámetro de la medida de calidad de la señal de GSM (RxQual), valores totales o subvalores.
- Parámetros de reelección de célula C1/C2.
- Contador de interrupción del enlace de radio (RLTC).

- Clase de potencia transmitida.
- Avance en el tiempo.
- Indicación de eventos de handovers exitosos o fallados.
- La indicación de puntos geográficos donde ocurren eventos de llamadas caídas.
- La indicación de puntos geográficos de intentos de la llamada infructuosos, con ambas terminales móviles.
- Las llamadas originadas de móviles.

Está disponible un grupo de herramientas que habilita al usuario para administrar los MTU's en el sistema. Una función de diagnóstico le permite al usuario que investigue el estado de cualquier MTU en el sistema. Hay disponible también un monitor de actividad del MTU donde el operador puede estudiar la actividad actual de cada flota de MTU's. La ventana presenta una vista global del estado actual de llamadas durante un intervalo de tiempo elegible. Usando esta función el operador puede ajustar el desempeño del conjunto de MTU's, así como identificar los MTU's con fallas. La actualización del software se puede hacer de forma remota sin tener que ir al vehículo portador del MTU.

3.7.4.2 Análisis y presentación.

El CeNA es una potente herramienta de prueba para el análisis y presentación de los datos.

Debido a que el CeNA es un sistema autónomo, es posible tener dentro del alcance de nuestro equipo de prueba medidas de volumen y la cobertura geográfica total. Un volumen grande de mediciones ofrece la oportunidad de conseguir un análisis estadístico comprensivo. El CeNA, por lo tanto, provee de una herramienta para convertir un gran número de mediciones a estadísticas significantes.

Cuando presenta las mediciones, el CeNA tiene una interfaz gráfica para el usuario basada en un *sistema de información geográfica* (GIS). Las llamadas de prueba simples y las evaluaciones estadísticas se pueden presentar y relacionar con sus posiciones geográficas relevantes. Para ofrecer una perspectiva rápida de la calidad de la red se tienen presentaciones simples fácilmente leíbles. Agregando rejillas y mapas se logra un cuadro completo.

Para satisfacer la necesidad de reportes regulares del nivel de manejo, está disponible una herramienta para la generación de los reportes. Se pueden determinar los estándares de los reportes y éstos pueden hacerse a intervalos regulares, dando así una vista clara de la calidad de la red. Se pueden enfatizar áreas geográficas específicas o periodos de tiempo, e investigarse las tendencias cronometradas.

3.7.5 Sistema de soporte de operaciones (OSS).

El OSS de GSM es una herramienta basada en UNIX que permite la supervisión, planeación e ingeniería de la red desde una locación central.

3.7.5.1 Administración de la red celular (CNA).

La planeación, introducción y optimización de las células es una operación común y compleja en una red de rápido crecimiento. El CNA provee al usuario con una herramienta de soporte que hace éstas operaciones más fáciles y más efectivas. Los principales objetivos del CNA son los siguientes:

- Mantener una imagen comprensiva de la red celular.
- Soportar una vista funcional de la red celular y ocultar su implementación.
- Reducir la necesidad de intervención del usuario cuando se transfieren parámetros de configuración a los elementos de la red (NE's).

- Proveer al usuario de una interfaz amigable.
- Mantener los datos en orden en el OSS para minimizar el tiempo de acceso a los datos y la carga en los NE's.
- Simplificar el mantenimiento y el manejo de la red celular con la entrada de datos consistentes, a los NE's .

El CNA maneja células y datos afines a éstas en el sistema OSS. Esto incluye funciones que soportan la adición de células, modificación de datos en células existentes y eliminación de células de la red.

Los objetos y datos relacionados a la célula en los MSC's y BSC's conectados están controladas por medio de un número de objetos manejados (MO's, los objetos manejados son una abstracción de una entidad lógica o física son creados para el propósito de tener un sistema de manipulación o manejo, contienen información específica asociada con el manejo de esta entidad lógica o física) en el CNA, manteniendo los datos en almacenamiento continuo. El usuario manipula los parámetros de los MO's cuando va a adicionar o cambiar la configuración lógica de la red celular. La información correspondiente en el área válida puede ajustarse cuando los datos de un objeto en la red han sido cambiados por medio del CNA.

El usuario también puede usar la aplicación Configuración Celular Gráfica (GCC) para desplegar el modelo de la red sobrepuesto en un mapa geográfico provisto por *la presentación de información geográfica y lógica de la red* (GNIP), verificando que la GCC ha sido conectada al CNA y la GNIP.

Los cambios a la red se realiza inicialmente en un *área planeada* que se usa después para actualizar el *área válida* y la red real.

La función de actualización compila los parámetros de los MO's para los comandos de AXE. Los parámetros de los NE's se actualizan cuando se les transfieren los comandos.

La función de verificación de consistencia, como su nombre lo indica, verifica la consistencia en los MO's, para minimizar los errores en las configuraciones de los parámetros de la red celular.

Los MO's también pueden ajustarse por medio de la información la red.

El CNA comprende las siguientes funciones:

- La Recuperación de información.
- Ajuste.
- Manejo del área de retroalimentación
- Manejo del área de registro.
- Planeación.
- Actualización
- Verificación de consistencia.
- Manejo de CNA.
- Configuración celular gráfica (GCC).

3.7.5.2 Interfaz de administración de red celular (CNAI).

La CNAI es una interfaz de archivo para la aplicación CNA. Es usada para transferir datos de la célula a un sistema externo, por ejemplo un sistema de planeación celular, y el CNA en el Centro de Operación y Mantenimiento (OMC) por medio de archivos de datos, estos archivos de datos, o archivos de transferencia, se almacenan en el sistema de archivos del OMC. La figura 3-19 muestra donde se sitúa la interfaz del CNA en el sistema.

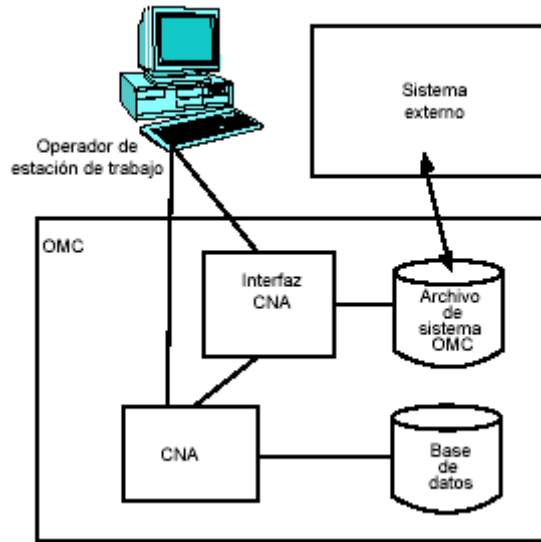


Figura 3-19 Vista general del flujo de trabajo en el CNAI

3.7.5.3 Mediciones y grabaciones de la red celular.

Las mediciones de la red celular son una forma para la compañía de telecomunicaciones de monitorear la calidad de los servicios provistos por la red. Las mediciones se usan para la detección temprana de fallas y para la planeación de futuras expansiones; y se deben presentar de tal manera que muestren claramente las condiciones o tendencias de interés.

Mediciones a largo plazo.

Estas mediciones de desempeño presentan estadísticas colectadas en el Subsistema de Operación y Mantenimiento (OMS) y el Subsistema de medida de tráfico y Estadística (STS). Las mediciones proveen un cuadro de cómo está funcionando el sistema. Esto requiere de una cierta cantidad de usuarios que estén generando tráfico en la red.

- Los datos de OMS muestran el tráfico en las rutas, los tipos de tráfico, y la dispersión de tráfico en las diferentes rutas. Todas las grabaciones se relacionan a equipo AXE (MSC, BSC, etc).
- Los datos de STS muestran las estadísticas dentro del ambiente de radio.

Analizador de estadísticas de la red (NWS)

La operación diaria, planeación de la red y optimización en una red de radio requiere datos como base para tomar decisiones. Se hacen mediciones de desempeño en los elementos de la red, para que el operador tenga disponibles éstos datos. Es de suma importancia que los datos sean de fácil y rápido acceso, y se presenten de una manera útil para que el operador tome las decisiones correctas y opere la red de una manera rentable.

El analizador NWS provee un número de reportes predefinidos que apoyan al operador en el análisis del comportamiento y desempeño de la red. Los informes están basado en datos coleccionados de la red y almacenados en la base de datos del *paquete de reportes estadísticos* (SRP).

Los reportes se crean y presentan usando el “Bussines Objects User Module”. El “NWS Universe” provee una interfaz para la base de datos.

Cualidades.

El analizador NWS ofrece las siguientes cualidades:

- EL Business Objects Report Generator.
- EL “NWS Universe” incluyendo contadores, formulas y la estructura necesaria para modificar los reportes predefinidos, o crear nuevos reportes usando los reportes predefinidos como un modelo.
- Reportes predefinidos.

Uso:

Los datos están disponibles para la creación de repotes para ayudar al operador en las siguientes tareas:

- Planeación y dimensionamiento de la red.
- Monitoreo y optimización de la red, en cuanto al desempeño de la red y a calidad del servicio.
- Mejora y sostenimiento de la calidad en la red.
- Operación de la red de forma rentable.

Reportes predefinidos.

Se incluyen los siguientes reportes predefinidos:

- Reportes de apreciación global.
- Reportes de planeación
- Reporte de llamadas caídas.
- Reportes de handovers.

Las mediciones a corto plazo.

La parte de registro de tráfico del Registro de la Red de Radio (RNR) sirve como un complemento para regular la colección de estadísticas junto los sistemas móviles de prueba, por ejemplo, el TEMS. El RNR monitorea el comportamiento del móvil desde el lado de la red y desde el lado del teléfono móvil, así como el resultado de la estrategia de asignación de canal escogida. Esto es posible por tres recursos en el BSC:

- Registro de tráfico móvil (MTR).
- Registro de tráfico celular (CTR).
- Registro de evento de canal (CER).

Registro de tráfico móvil (MTR):

Los registros relacionados al móvil trazan prácticamente todo lo que pasa con el móvil, específicamente por el número de identidad internacional de suscrito móvil (IMSI), registrando eventos y mediciones. Ejemplos de eventos son, asignaciones, handovers y desconexiones. Las mediciones incluyen, por ejemplo, potencia de la señal de uplink y downlink, calidad de la señal de uplink y downlink, la potencia de la señal de las células vecinas y avance en el tiempo. El material grabado es enviado desde la BSC al OSS donde los datos grabados relacionados al móvil se analizan y se presentan en tablas o gráficas. Los resultados se pueden usar para optimizar los parámetros de la célula, para un mejor desempeño del sistema, previsión, planeación celular, y verificación de las estaciones móviles pobres.

Registro de tráfico celular (CTR):

Los registros de tráfico celular (CTR's) registran el mismo tipo de información que el MTR, pero con un número de conexiones originadas en una célula específica. El registro (que puede durar minutos y horas) es de hecho una colección de pequeños registros, cada uno de 30 segundos. Pueden registrarse 16 móviles diferentes. Un evento inicia el registro.

Registro de evento de canal (CER):

El CER es una función de la BSC que puede ser iniciada desde el OSS. Ayuda supervisando las siguientes funciones del BSC:

- Administración del canal.
- Asignación de canal diferencial.
- Mediciones de canal libre.

3.7.5.4 Aplicaciones de optimización de la red de radio.

El OSS también soporta seis aplicaciones de optimización de la red de radio (RNO), las aplicaciones se describen a continuación:

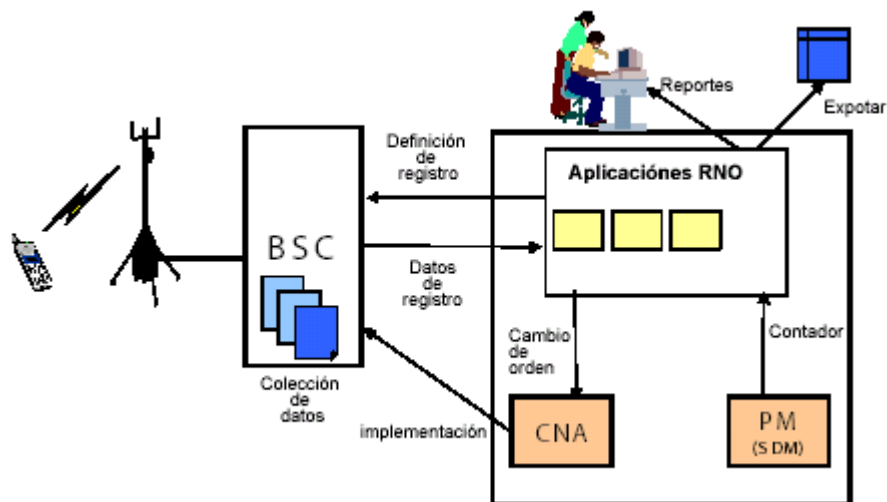


Figura 3-20 Funciones comunes de la optimización de la red de radio

Soporte de Asignación de Frecuencia (FAS) es una herramienta proyectada para apoyar al usuario en la planeación de frecuencias, con el fin de minimizar la interferencia en la red de radio.

La interferencia en las redes de GSM debe de mantenerse en un nivel mínimo con el fin de usar el espectro de frecuencia de una manera eficiente e incrementar la capacidad de la red. La calidad de la voz y el número de llamadas caídas se ven directamente afectadas por el nivel de interferencia.

El FAS es una característica opcional que ayuda al usuario con la carga de planeación de frecuencias. Vigilando el ambiente de interferencia de downlink y uplink de la red de radio, el FAS puede encontrar malas asignaciones de frecuencia para las portadoras del BCCH y el TCH, y reemplazarlas con otras mejores.

El usuario puede ordenar al FAS hacer registros hasta de 150 frecuencias en por lo menos 2000 células manejadas por un OSS. Después de que el registro está completo, los resultados se reportan al OSS donde se procesan y se presentan al operador en reportes y mapas geográficos.

Los nuevos registros del FAS se definen en los elementos de la red, éstos colectan los resultados registrados.

Se pueden exportar y presentar al operador los datos de interferencia de uplink, la estimación del porcentaje de tráfico interferido (PIT) del downlink y la matriz de dependencia intercelular (ICDM), que es una base para el porcentaje de tráfico interferido estimado para un registro. También se pueden exportar el plan de frecuencia y los contadores de validez para un registro.

Durante el registro de downlink, se crea una ICDM, ésta traspasa los efectos de interferencia de una célula a otra. Esta matriz puede ser exportada como un archivo en formato HTML o formato de tabulación separada, para el propósito de una mejor planeación de frecuencias.

Puede usarse la información del FAS como una base para la planeación celular donde el FAS puede soportar la actualización de un área planeada con cambios de frecuencia, en el CNA.

Las asignaciones pueden ser:

- Encontrar mejores asignaciones de frecuencias en las células (optimización de la red).
- Ayudar a la introducción de una nueva célula en una red ya en operación (planeación celular)
- Monitorear los niveles de interferencia en frecuencias en uso (supervisión de la red).

El usuario puede comparar los registros y los reportes estadísticos producidos, por ejemplo, antes y después de la reubicación de una frecuencia.

El experto de optimización de frecuencia (FOX).

La aplicación FAS puede tener dos niveles funcionales diferentes:

- Nivel de reporte (FAS). La aplicación soporta las definiciones de registro y programación, presentación y manejo de reporte, actualización del área planeada, creación y exportación de la ICDM.
- Nivel experto (FOX).

-Recomendado. Los registros del FOX soportan recomendaciones de reubicación de frecuencias de la red que el operador a autorizado.

-Automático. Donde los registros del FOX soportan la evaluación y de manera automática actualizan la reubicación de la frecuencias en la red.

-El nivel experto también cubre el nivel de reporte del FAS.

Una instalación de nivel experto incluye dos tipos de registros, además de los registros del FAS. Estos registros son: los de "tipo recomendación" y los de "tipo automático". Para cada tipo la medición de interferencia y la evaluación de datos corre repetidamente de acuerdo con la definición del registro. El operador será notificado por un cambio de estatus en la lista, cuando la modificación de la red se ha recomendado o ha sido implementada. En el "tipo recomendación" cada cambio sugerido en la red debe ser aprobado o rechazado por el operador antes de ser implementado, por el contrario en el "tipo automático", todos los cambios son implementados. Además de los cambios sugeridos, todos los datos registrados también pueden presentarse en los reportes.

Soporte de célula vecina (NCS).

La decisión del handover en una red de radio está basado en las mediciones de la estación móvil en el downlink y de la estación base en el uplink. La exactitud de las mediciones es crítica para tomar decisiones fiables del handover. Si el número de relaciones de células vecinas es muy alto, la exactitud de las mediciones disminuye. No obstante todas las relaciones que pueden ser buenas candidatas del handover, necesitan ser incluidas en la lista de asignación de BCCH (BA) activa

El NCS es una herramienta que ayuda a los usuarios a especificar relaciones de células vecina adecuadas, para cada célula en la red de radio. Con esto, las decisiones de handover son más fiables y correctas, mejoran la calidad de la voz, y minimiza el número de llamadas caídas.

El usuario puede ordenar al NCS que realice registros de hasta 150 frecuencias de BCCH en al menos 2000 células manejadas por un OSS. Después de que se completa el registro, los valores resultantes se reportan al OSS, donde se procesan y se presentan después en reportes y mapas.

La información del NCS puede usarse como una base para planear las relaciones de las células vecinas. El NCS también soporta la actualización de un área planeada en el CNA con relaciones de células vecinas.

Experto de optimización de células vecinas NOX.

La aplicación NCS puede tenerse en dos diferentes niveles funcionales:

- Nivel de repote (NCS).
La aplicación soporta definiciones de registro, presentación de repotes y actualización del área planeada.
- Nivel experto (NOX).
 - Recomendo, donde el NOX sugiere cuales relaciones de célula vecina deben de ser removidas o adheridas.
 - Automático, donde el NOX de manera automática adhiere o remueve relaciones de célula vecina vía el CNA.

El nivel experto también cubre el nivel de reporte del NCS.

Una instalación de nivel experto incluye dos tipos de registros, además de los registros del NCS. Estos tipos de registro son: los de “tipo recomendo” y los de “tipo automático”. Para cada tipo el registro y la evaluación de los datos corre repetidamente de acuerdo con la definición de registro. Durante este tiempo, el usuario es notificado cuando se encuentra una modificación a una relación de célula vecina. En los registros de “tipo recomendación” del NOX, cada cambio que ha sido sugerido en las relaciones de célula vecina deben de ser aprobados por el operador antes de implementarse, por el contrario en los “tipo automático”, todos los cambios encontrados se implementan. El NOX soporta la actualización de un área valida en el CNA. Además de los cambios sugeridos, todos los datos registrados pueden presentarse también en reportes.

Registro del resultado de la medición (MRR).

El MRR es una herramienta para la medición de las características de radio. Las características de radio son:

- Potencia de la señal de uplink y downlink (RXLEV).
- Calidad de la señal de uplink y downlink(RXQUAL).
- Perdida por trayectoria de uplink y downlink.

- Nivel de potencia usado por el móvil.
- Reducción de potencia usado por la estación base.
- Valor de tiempo de avance usado por el móvil.

El usuario puede definir los cálculos estadísticos sobre las características de radio medidas. Estas estadísticas se llaman *estadísticas de radio*.

Las siguientes estadísticas están disponibles para cada característica de radio:

- Promedio.
- Dos umbrales, dicen cuánto porcentaje de los valores de las mediciones cumplen con los umbrales especificados.

Las asignaciones pueden ser:

- Supervisión del desempeño de la red.
- Comparación del desempeño de la red antes y después de un cambio en ésta.

La aplicación MRR es una herramienta para iniciar la función de registro en los elementos de la red, procesar la información registrada y presentarla en reportes. El MRR tiene una interfaz de usuario gráfica.

Herramienta de estimación de tráfico. (TET).

Los usuarios utilizan el TET para estimar cuanto tráfico captará una célula nueva, y para cuantificar la falta de carga y el tráfico restante, en las células circundantes. Ésta característica está dirigida a facilitar la capacidad de expansión; para los casos de micro células de lugares de mucho tráfico (llamadas hot spots).

La función de la herramienta esta basada en reportes de medición que una estación móvil activa envía (aproximadamente dos veces por segundo) a la BSC. Los reportes contienen información de las mediciones de la potencia de la señal, frecuencia y BSIC para las seis células vecinas más potentes. Partiendo de un transmisor de prueba, en un sitio de prueba, e incluyendo su frecuencia en la lista BA activa de las células circundantes, las estaciones móviles pueden reportar en el transmisor de prueba así como en las células vecinas ordinarias. Estos repotes de mediciones indican cuantas estaciones móviles reciben una señal fuerte del transmisor de prueba, y cuanto tráfico puede soportar la célula si esta existiera.

El número de reportes de mediciones que contiene un registro del transmisor de prueba se extrae del registro de la lista BA activa (BAR).

3.7.6 Ajuste de parámetro de célula.

Cuando se han analizado todas las mediciones, el operador puede determinar si hay una inconsistencia en la configuración de parámetros. Entonces el usuario puede ajustar los parámetros de histéresis y compensación. Para mejorar la calidad de la red.

El OSS proporciona una interfaz de usuario gráfica para los parámetros cambiantes. Usando el OSS también se limita la posibilidad de errores humanos por la validación de desempeño y la verificación de consistencia en las configuraciones de parámetros. Esto significa que el usuario puede ejecutar las verificaciones de la configuraciones de parámetros antes de actualizar la red. El OSS también proporciona un área de almacenamiento y de retroceso que se pueden cargar si los errores ocurren durante la actualización de la red.

Después de que se hacen los cambios, el operador puede continuar supervisando el desempeño de la red en sus informes basados en el STS, para planear futuros cambios.

3.7.6.1 Parámetros de célula.

Cuando se construye un nuevo sistema, o cuando se agregan nuevas células o cambian éstas en un sistema existente, el proyectista de células proporciona al operador un documento por cada célula. Este contiene datos para la inserción de la célula en la red de radio. Este documento se llama *datos de diseño celular* (CDD). Los datos de todos estos documentos se convierte en la *cinta de transcripción de datos* (DT) y se cargan en el BSC correspondiente. Una cinta de DT no sólo contiene información de CDD, contiene también otros datos necesarios para la configuración completa del BSC.

La razón para tener tantos parámetros, es que el operador pueda ajustar la red para sus requisitos específicos. Se permite poner los parámetros dentro de un cierto rango y que normalmente tengan un valor predefinido.

Los valores predefinidos proporcionan una buena base para empezar. Los parámetros pueden cambiarse después, si, por ejemplo, las medidas indican que los ajustes son necesarios. No deben cambiarse varios parámetros al mismo tiempo porque se complica más saber qué cambio de parámetro de configuración afectó el sistema.

Algunos de los parámetros son específicos del sistema y algunos son establecidos por sitio, célula, o subcélulas.

Compensación: una compensación se usa para hacer que una célula aparezca mejor (o peor en lo que a potencia se refiere) de lo que realmente es, aumentando o disminuyendo la fuerza de la señal medida. La compensación es una relación de célula a célula y siempre es asimétrica.

Histéresis: una histéresis se usa para prevenir el efecto del ping-pong, lo que significa varios handovers consecutivos entre dos células. El efecto del ping-pong puede causarse por debilitamiento en la señal, el movimiento irregular del móvil entre las células, o por la no linealidad en el receptor. La histéresis es una relación de célula a célula y siempre es simétrico.

Control de las características de la red de radio: se usan otros parámetros para controlar las características de la red de radio como *la transmisión discontinua* (DTX), salto de frecuencia, y control de potencia.

Temporizadores y filtros: hay algunos temporizadores y filtros que pueden ponerse por parámetros. Dependiendo de las configuraciones de temporizador o longitud de filtros, el sistema responde más rápidamente o más lentamente al cambio. Un sistema rápido es menos estable que un sistema más lento. Un sistema rápido es necesario si se usan las micro células porque los handovers son frecuentes en este caso.

Identificación.: son los parámetros usados para identificar, por ejemplo, una célula o un área de ubicación en la red. Las penalidades se usan para castigar una célula en el algoritmo de colocación. Cuando una célula se castiga, aparece peor de lo que realmente está. Éste es para evitar el handback, en caso de un handover urgente, o para evitar varios intentos repetidos de handover, en caso de falla de la señalización.

Umbrales: son los umbrales para la clasificación jerárquica de la célula, liberación de llamada, y el acceso pueden fijarse.

3.8 Crecimiento del sistema.

Si el número de subscriptores en un sistema continúa aumentando, es necesario aumentar la capacidad del sistema. Hay varias maneras de hacer esto:

- Incremento de la banda de frecuencia (por ejemplo, un operador de GSM 1900 podría comprar licencia de GSM 1800)
- Implementar codificación de voz de "mitad de tasa".
- Hacer el patrón de reuso más compacto (por ejemplo, haciendo de un patrón de reuso 4/12 un patrón de reuso 3/9 implementando el salto de frecuencia, patrones que se definen en el capítulo).
- Haciendo las células cada vez más pequeñas.

3.8.1 Método de Ericsson para incrementar la capacidad de la red "Way Forward".

El concepto de Ericsson para incrementar la capacidad de la red de radio GSM se conoce como "The way forward".

"The way forward" es un concepto de solución que combina varias técnicas, características y productos de servicio. Juntos proporcionan la ganancia en la capacidad sustancial en las redes GSM, sin la necesidad de un espectro de frecuencia de radio adicional.

El enfoque de "The way forward" se basa en un reuso de frecuencia compacto y la implementación de micro células, juntos proporcionan posibilidades casi ilimitadas de expansión de capacidad.

El concepto de solución "The way Forward" se ha desarrollado en cooperación con operadores de GSM para asegurar el cumplimiento de necesidades y requisitos del cliente. Cada que el "The way forward" se implementa, se adapta al ambiente local y los requisitos del cliente.

Los siguientes procedimientos (la división de la célula y patrones de reuso múltiples) están envueltos en el método "The way forward".

3.8.2 División de la célula.

Un tamaño de célula más pequeño aumenta la capacidad de tráfico. Sin embargo, esto significa más sitios y un costo más alto de la infraestructura. Obviamente, es preferible no trabajar con un tamaño de célula innecesariamente pequeño.

Lo que se necesita es un método que iguale los tamaños de célula a los requisitos de capacidad. El sistema empieza usando un tamaño de célula grande, sin embargo, cuando la capacidad del sistema necesita ser extendida, el tamaño de célula se disminuye para cumplir los nuevos requisitos.

Esto normalmente también requiere el uso de diferentes tamaños de célula, en las diferentes áreas. Este método se llama la división de célula.

Por ejemplo, inicialmente se usa el tamaño más grande posible para la célula considerando el grado de cobertura. El siguiente paso es introducir tres células por sitio, usando los sitios originales y alimentando las células desde los ángulos. Esto representa una división de célula de una a tres. Ahora, el número de sitios todavía es el mismo, pero el número de células es tres veces más que antes. El siguiente paso es hacer una división de célula de, por ejemplo, uno a cuatro.

Como puede verse en la figura 3-21 a 3-23, los sitios viejos todavía se usan en el nuevo plan celular, pero ahora se requieren los sitios adicionales.

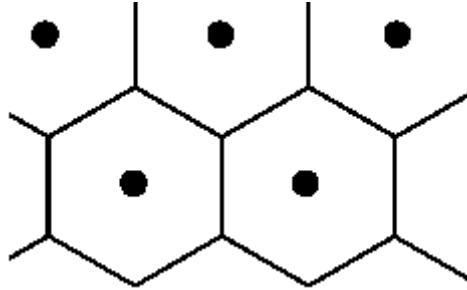


Figura 3-21 División de célula fase 0

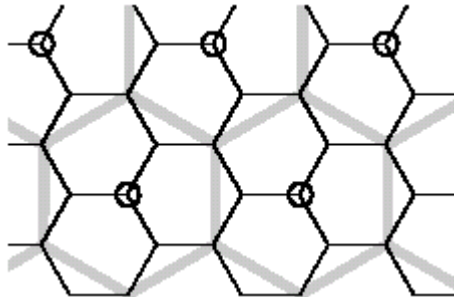


Figura 3-22 División de célula fase 1

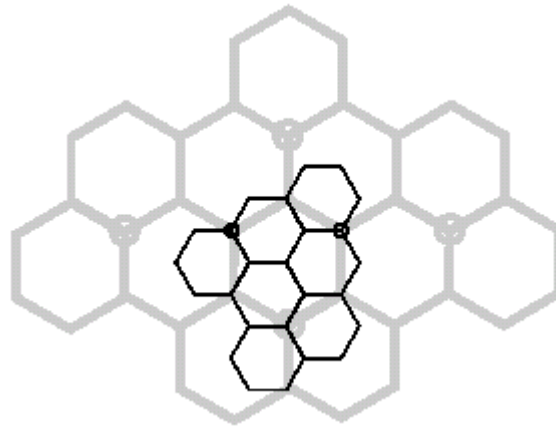


Figura 3-23 División de célula fase 3

La división de célula uno a tres requiere tres veces más células. Después de la división, la capacidad es superior tres veces por unidad de área, y el área de célula es tres veces más pequeño. Las direcciones de la antena en el sitio que existían antes de la división deben ser movidas treinta grados.

La división de célula uno a cuatro requiere cuatro sitios más. Después de la división, la capacidad es superior cuatro veces por la unidad de área, y el área celular es cuatro veces más pequeño. No hay necesidad a cambiar las direcciones de la antena en una división de éste tipo.

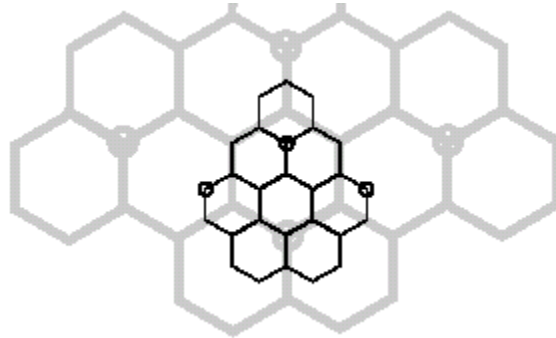


Figura 3-24 División de célula de uno a cuatro.

3.8.3 Patrones de reuso múltiple.

El patrón de reuso múltiple (MRP) es el método de reuso de frecuencia de Ericsson y es un esquema para compactar la frecuencia de reuso gradualmente en una red celular. También se ajusta perfectamente para ocuparse de redes con la distribución de tráfico desigual, es decir, números diferentes de transreceptores (TRXs) en cada célula.

Un reuso de frecuencia más compacto tiene como consecuencia un incremento en el nivel de interferencia, el esquema implica considerar esto.

La idea es que, en lugar de organizar a las portadoras del TCH según un solo esquema de reuso, las frecuencias disponibles pueden dividirse en varios segmentos cada uno representando un cluster de reuso. Las portadoras del BCCH están ya planeadas separadamente. Estos clusters de reuso son de tamaños diferentes y proporcionan diferentes situaciones de reuso en cada una de las portadoras en la célula. Entonces, aplicando el salto de frecuencia sobre todas las portadoras se promedia la situación de interferencia en cada uno de los clusters de reuso cubiertos, se construye un sistema eficaz.

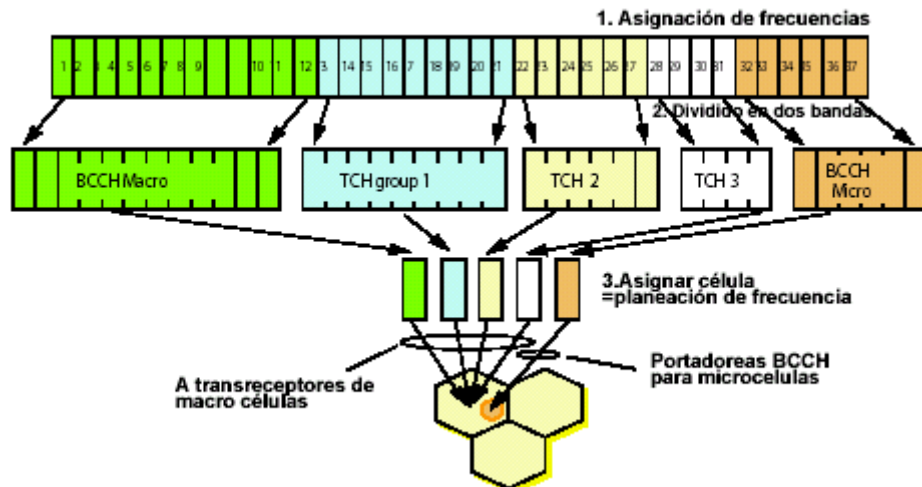


Figura 3-25 Construcción de un patrón de reuso múltiple.

En el ejemplo que muestra la figura 3-25, las 37 portadoras (7.5 MHz) pueden dividirse en 31 portadoras para la capa de la macro célula, dejando a seis portadoras para las frecuencias del BCCH de la micro célula. Las frecuencias de la macro célula pueden dividirse, por ejemplo, en las siguientes bandas 12/9/6/4, donde las primeras doce frecuencias, se usan para las portadoras del TRX1 BCCH de ésta. El segundo grupo de nueve frecuencias se reusa entonces en TRX2, el tercer grupo de seis frecuencias se reusa en TRX3, etc. A cada célula sólo se le asigna con el

número necesario de portadoras (empezando por el reuso mas relajado) dado por los requisitos de tráfico de la célula hasta un máximo de cuatro TRX's por célula. El reuso promedio para 12/9/6/4 es $(12+9+6+4)/4=7.75$ para la célula y $(9+6+4)/3=6.3$ para las frecuencias del TCH.

3.9 Características de la red de radio:

3.9.1 Comportamiento de modo ocioso.

El MS intentará alojarse en la célula que tiene en todo momento la probabilidad más alta de comunicación exitosa al acceder el sistema tanto en uplink como en downlink. Esto se logra por medio de la selección de célula de modo ocioso y algoritmos del reelección. Estos algoritmos le permiten al MS que escoja la célula más conveniente para alojarse (basado principalmente en la potencia de la señal). Alojado el MS en la célula más conveniente, se tiene una alta probabilidad de buena comunicación de éste con el sistema.

La selección de célula y algoritmos del reelección están condicionados por las configuraciones de parámetros. Usando estos parámetros un operador puede hacer que una célula específica, sea más atractiva al MS para que éste se aloje. Esto hace posible al operador lograr una conducta similar para los MS's en el modo ocioso, como la que tienen en el modo dedicado. Las configuraciones de parámetros bien diseñadas hacen que la selección de célula y reelección en el modo ocioso el MS se aloje en la célula que habría sido escogida por el BSC si el MS hubiera estado en el modo dedicado.

Control de la carga de voiceo.

En el modo ocioso, el MS notifica a la red siempre que cambie el área de localización por el procedimiento de actualización. Así, la red se mantiene informada en que área de localización se encuentra presente el MS. Cuando el sistema recibe una llamada entrante, sabe en que área de localización debe voicear al MS. El sistema no necesita voicear al MS a lo largo de la red entera, esto reduce la carga en el sistema. Si el MS no responde en el primer voiceo, la red puede enviar un segundo mensaje de voiceo.

El MS también puede notificar periódicamente a la red de su estado presente por medio del procedimiento de actualización de localización. Esto previene a la red, de voiceos innecesarios a los MS's que han sido apagados o hayan dejado el área de cobertura, ya que ésta situación puede causar una carga innecesaria en el sistema.

Consumo bajo de potencia en el modo ocioso.

En el modo ocioso, el MS verifica ocasionalmente la información del sistema que está transmitiéndose en la célula actual, o realiza mediciones en las células vecinas para ver si debe comenzarse un cambio de célula. Sin embargo, la mayoría del tiempo el MS esta en el "modo dormido", por lo tanto, el consumo de potencia durante el modo ocioso es bajo. Esto también recibe el nombre de recepción discontinua (DRX).

Descripción técnica.

Mientras el MS está en el modo ocioso, realiza continuamente mediciones de las portadoras del BCCH de la célula en servicio y de las células vecinas para decidir en cual célula alojarse. Si es necesario también registrará su presencia en el área de localización de la célula escogida, realizando así una actualización de la localización.

El propósito de alojarse en una célula tiene tres finalidades:

- Le permite al MS recibir la información del sistema desde la red.
- El MS puede comenzar una llamada accediendo a la red en el Canal de Acceso Aleatorio (RACH) de la célula en la cual está alojado.
- La red puede saber el área de localización de la célula en la que el MS se ha alojado (a menos que el MS haya entrado en un estado de "servicio limitado") y puede, por consiguiente, vocear al MS cuando se recibe una llamada entrante.

Las tareas de modo ocioso pueden dividirse en cuatro procesos:

- Selección de la PLMN.
- Selección de la célula.
- Reselección de la célula.
- Actualización de la localización.

La relación entre éstos procesos se ilustra en la figura 3-26:

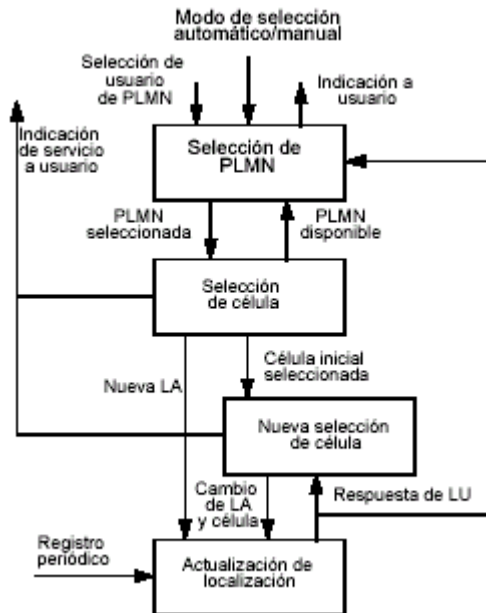


Figura 3-26 Proceso del modo ocioso.

Selección de PLMN.

El MS selecciona una PLMN cuando se enciende o cuando recupera la cobertura. Intenta primero seleccionar y registrar la última PLMN, dentro de la que se encontraba funcionando. Si tiene éxito en el registro de la PLMN, el MS muestra esta PLMN en su pantalla (la "PLMN registrada") y entonces es capaz de hacer y recibir las llamadas. Si no hay una última PLMN registrada, o si ésta no se encuentra disponible, el MS intenta seleccionar otra PLMN de manera automática o manual, dependiendo de su forma de operación. El modo automático utiliza una lista de PLMN's en un orden de prioridad por el contrario el modo manual deja la decisión al usuario y sólo muestra las PLMN's que están disponibles.

El MS normalmente opera en la PLMN original. Sin embargo, se puede seleccionar otra PLMN si, por ejemplo, el MS pierde la cobertura. El MS registra otra PLMN si encuentra una célula conveniente para alojarse y si su petición de actualización de localización se acepta.

El registro debe ser exitoso para que el MS pueda acceder esa red, sin embargo, no necesita realizar una actualización de localización si está en la misma área de localización perteneciente a la misma PLMN en la que estaba antes de que entrara en el estado inactivo.

Selección de célula.

El algoritmo de la selección de célula intenta encontrar la célula más conveniente de la PLMN seleccionada según los requisitos específicos. Si no se encuentra ninguna célula conveniente y todas las PLMN's disponibles y aceptables han sido probadas, el MS intenta alojarse en una célula sin consideración de la identidad de la PLMN y entra a un estado de servicio limitado que le permite hacer sólo llamadas de emergencia si es necesario. Si el MS pierde cobertura, regresa al estado de selección de PLMN y selecciona otra PLMN.

Pueden usarse dos estrategias diferentes durante la selección de célula: la lista almacenada de selección de célula o la selección de célula normal. La lista almacenada de selección de célula utiliza una lista de asignación de BCCH (BA) almacenada para acelerar el procedimiento de la selección de célula; la selección de célula normal se realiza cuando no hay lista disponible.

Algoritmo:

Selección de célula normal: durante la selección de célula normal, el móvil trata de seleccionar la célula más conveniente para alojarse en ella.

Una célula se considera conveniente si:

- Pertenece a la PLMN seleccionada.
- Si no está obstruida (cuando una célula esta obstruida un MS en modo ocioso no puede alojarse en ella, pero un MS en modo dedicado puede hacer un handover a esta).
- Esta no pertenece a la lista de áreas de localización prohibidas.
- Cumple el criterio de selección de célula.

Cuando el MS no tiene información sobre cuales portadoras de BCCH se usan en la red, sigue el procedimiento que se muestra en la figura 3-27.

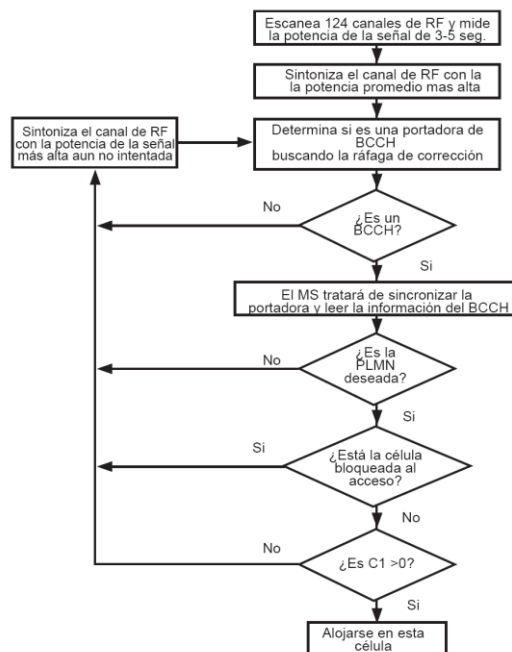


Figura 3-27 Selección normal de célula.

Criterio de selección de célula.

Mientras el móvil se encuentra en estado ocioso, continuamente calcula el valor $C1$ llamado: "cantidad de selección de célula". El criterio de selección de célula se satisface si $C1 > 0$. La cantidad $C1$ se calcula de la siguiente manera:

$$C1 = ([\text{nivel de señal recibida}] - \text{ACCMIN}) - \max(\text{CCHPWR} - P) \dots (1)$$

Donde:

ACCMIN es el parámetro celular que indica el mínimo nivel de señal requerido en el MS para acceder al sistema.

CCHPWR es el parámetro celular que indica la máxima potencia de transmisión que se le permite usar a un MS cuando accede al sistema.

P es la potencia máxima de salida del MS de acuerdo a su clase.

Reselección de célula.

Mediciones de reelección de célula.

Después de que una célula se ha seleccionado con éxito, el MS empieza las tareas de reelección de célula. Hace las mediciones continuamente sobre sus células vecinas para iniciar la reelección de célula si es necesario. Para móviles que pueden utilizar redes GSM de diferentes bandas por ejemplo GSM 800 y GSM 900 de un mismo operador de servicio, las portadoras que no le están dando el servicio en ese momento y son las más potentes pueden pertenecer a la red GSM de diferente banda.

El MS verifica continuamente a las portadoras de BCCH vecinas (como se muestran en la lista de BA) y la portadora de BCCH de la célula en servicio, para determinar si es más conveniente alojarse en otra célula. Por lo menos se requieren cinco mediciones recibidas del nivel de la señal, para cada célula vecina definida, con estas mediciones se saca un promedio de cada portadora que es el que muestra en la lista de BA.

Deben leerse todos los mensajes de información del sistema por lo menos cada 30 segundos, enviados en el BCCH, para monitorear los cambios en los parámetros de la célula. El MS también intenta sincronizarse y leer la información del BCCH que contiene los parámetros de la célula concernientes a la reelección por lo menos cada cinco minutos, de las seis portadoras más fuertes (en la lista de BA), que no le están dando servicio.

El MS también intenta decodificar el parámetro BSIC para cada una de las seis células circundantes más potentes (por lo menos cada 30 segundos), para confirmar que todavía está supervisando las mismas células. El parámetro BSIC consiste de dos partes. El código de color de red (NCC network color code) y el código de color de la estación base (BCC base station color code). Si se detecta otro BSIC, se trata como una nueva portadora y los datos de BCCH para esta portadora se determinan. Si el MS detecta un código de color de PLMN que no está permitido, la portadora se ignora.

El MS sólo toma muestras cuando escucha su propio grupo de voice. El resto del tiempo se encuentra en modo "dormido". La tabla 3-5 resume cada cuanto el BSIC y los datos del BCCH deben decodificarse para la célula que está dando el servicio y las células vecinas, mientras se encuentra en estado ocioso.

	BSIC	Datos del BCCH
Célula en servicio	-	Por lo menos cada 30 s
Seis células vecinas	Por lo menos cada 30 s.	Por lo menos cada 5 min.

Tabla 3-5 Decodificación de los datos del BSIC y del BCCH

Criterio de reelección de célula.

Para controlar la distribución de tráfico entre células, el operador puede escoger ciertas células en modo dedicado. Los ejemplos de esto son la colocación y las estructuras de célula jerárquica (HCS). En algunas situaciones, puede haber la necesidad de una conducta similar a la del modo ocioso. En un ambiente de micro célula, hay una necesidad adicional, para controlar la tasa de reelección de célula específicamente para los móviles de movimiento rápido. Para estos propósitos, los parámetros adicionales de reelección de célula CRO, TO, y PT son transmitidos en el BCCH de cada célula. Antes de que un MS pueda cambiar de célula, debe leer estos parámetros del BCCH de la célula destino potencial.

El algoritmo de reelección de célula consiste de cinco criterios diferentes. Si cualquiera de los criterios se satisface, puede ocurrir una reelección de célula. El proceso de reelección de célula emplea el parámetro de reelección de celular C2. Siempre que un criterio de reelección de célula esté satisfecho, el MS cambia a la célula con el valor de C2 más alto. C2 se calcula de la siguiente manera:

$$C2 = C1 + \text{CRO} - \text{TO} * H(\text{PT} - T) \text{ para } \text{PT} \neq 31 \dots\dots(2)$$

$$C2 = C1 - \text{CRO} \quad \text{para } \text{PT} = 31 \dots\dots\dots(3)$$

Donde:

C1 está definido por la ecuación 1,

$$C1(x) = \begin{cases} 0 & x < 0 \\ 1 & x \geq 0 \end{cases}$$

T es un reloj, CRO, TO y PT son parámetros.

El MS calcula el valor de C1 y C2 constantemente, tanto para la célula que le está dando servicio como para las células vecinas. Este reelecciona y se aloja en otra célula si cualquiera de los siguientes criterios se satisface:

- Si la célula que está dando el servicio se obstruye.
- El móvil ha intentado sin éxito acceder a la red el número de veces permitido.
- El MS detecta un error de señalización de downlink.
- El valor de C1 para la célula que está dando el servicio a caído a un valor por debajo de cero por período de cinco segundos, lo cual indica que la pérdida por trayectoria para la célula se ha hecho demasiado alta y que el MS necesita cambiar la célula.
- El valor de C2 para una célula que no está dando servicio excede el valor de C2 de la célula en servicio por un período de cinco segundos.

Actualización de localización.

Para que sea posible que el suscriptor del móvil reciba una llamada, la red necesita saber donde está el MS. El sistema está informado sobre dónde se localiza el MS a intervalos regulares por medio de la función de actualización de localización.

Hay tres tipos de actualización definida:

- Actualización de localización normal.
- Registro periódico.
- Vinculación del IMSI.

El móvil también puede informar a la red cuando éste entra en estado inactivo, conocido como desvinculación del IMSI.

Normal.

La actualización de localización normal la inicia el MS cuando descubre que ha entrado en una nueva área de localización. Cuando el MS está escuchando la información del sistema transmitida sobre la portadora del BCCH, para la célula en servicio, compara la identidad de área de localización (LAI) con el almacenado en éste. Si el LAI difiere del guardado, se iniciará una actualización de tipo normal y el nuevo LAI se almacenará en el SIM. Si la actualización de localización falla, por ejemplo debido al ingreso en una área de localización prohibida, el MS intenta seleccionar otra célula o regresa al estado de selección de PLMN.

Registro periódico.

Para evitar un voiceo innecesario de un móvil que ha dejado el área de cobertura, o se le ha terminado la batería, hay un tipo de actualización de localización llamado registro periódico.

Cuando el MS escucha la información del sistema sobre la portadora del BCCH, éste está informado si el registro periódico se usa en esa célula y qué tan frecuentemente debe informar a la red que aun está vinculado(alcanzable).

Vinculación de IMSI.

La operación de vinculación o desvinculación del IMSI es una acción tomada por un MS para indicar a la red que ha pasado a un estado activo o inactivo. Cuando un MS es encendido, un mensaje de vinculación del IMSI se envía al MSC/VLR. Cuando un MS se apaga, se envía un mensaje de desvinculación. Una bandera se fija en le VLR para indicar el estado presente del MS, esto previene el voiceo innecesario a los móviles apagados. El parámetro de ATT, transmitido en los mensajes de información de sistema, informa al MS si se le requiere para enviar un mensaje al sistema cada vez que éste sea encendido o apagado.

El MS también puede marcarse como desvinculado (desvinculación implícita) por el MSC. Esto pasa cuando no ha habido ningún contacto exitoso entre el MS y la red durante un tiempo determinado por el valor del tiempo fuera (BTDM) más un período de guarda (GTDM). El tiempo de supervisión es la suma de estos dos periodos. La duración de tiempo de base (BTDM) debe coordinarse con el tiempo de actualización de localización en el trabajo interno del BSC (T3212). De otra manera, el móvil será inesperadamente removido del sistema antes que se realice una actualización de localización periódica.

Combinaciones de canales de control.

Sólo se permiten ciertas combinaciones de canales de control. Los tres tipos siguientes de BCCH's están disponibles:

No combinada:	BCCH y CCCH.
Combinada:	BCCH, CCCH y SDCCH/4.
Combinada incluyendo al CBCH	BCCH, CCCH, SDCCH/4 y CBCH (el CBCH reemplaza al subcanal SDCCH número 2).

Hay también cuatro tipos de combinaciones para el SDCCH:

SDCCH/8:	Cada canal físico consiste de 8 subcanales SDCCH. Esto es, ocho móviles pueden ser asignados a canales dedicados al mismo tiempo.
SDCCH/8 incluyendo un CBCH:	EL subcanal CBCH reemplaza al subcanal SDCCH número 2. Sólo siete móviles pueden ser asignados a canales dedicados al mismo tiempo.
SDCCH/4:	Esta es la combinación de cuatro subcanales SDCCH con BCCH y CCCH. Cuatro móviles pueden ser asignados a canales dedicados al mismo tiempo.
SDCCH/4 incluyendo Un CBCH:	Esta combinación consiste de tres subcanales SDCCH, un subcanal BCCH, CCCH y un subcanal CBCH. El subcanal CBCH reemplaza al subcanal SDCCH número 2. En consecuencia sólo tres móviles pueden ser asignados a canales dedicados al mismo tiempo.

Sólo un CBCH puede ser especificado. Esto es, la combinación de canal SDCCH/4 (incluyendo un CBCH) o SDCCH/8 (incluyendo un CBCH) puede definirse en la célula.

Voceo.

Después de que el móvil sintoniza la portadora de BCCH y decodifica los datos de información del sistema, realiza una evaluación, tomando en cuenta el número IMSI que determina el grupo de voceo al que pertenece. Todos los móviles que están escuchando un bloque particular de voceo se dice que se encuentran en el mismo grupo de voceo. Cuando no hay mensajes de voceo a ser transmitidos, en ciertos grupos de voceo se mandan en su lugar voceos de prueba.

El móvil permanece en “modo dormido” para minimizar el consumo de potencia entre el intervalo de tiempo que su propio grupo de voceo ocurre. Sin embargo, el MS debe aun leer los datos enviados por la célula en servicio por lo menos cada 30 segundos.

El procedimiento de voceo en GSM es manejado por la MSC. Se pueden tener diferentes estrategias de voceo, por ejemplo no enviar segundo voceo o mandar el segundo voceo como un voceo global, es decir dentro del área completa de servicio de la MSC. Un operador puede controlar el procedimiento de voceo con las configuraciones de parámetros en la MSC.

3.9.2 Localización.

El algoritmo de localización es un algoritmo de software que provee las bases para las decisiones de handover. Esto es implementado en software en la BSC. Esto puede ser controlado por medio de parámetros y solucionar la selección de célula para estaciones móviles activas.

La localización sirve como una base para otras características de la red. Estas incluyen la estructura de célula jerárquica (HCS), subcélulas sobrepuestas y subpuestas, handover intercelular, asignación a otra célula y división de carga de célula.

Las características de localización permite al operador a ofrecer dos beneficios básicos a los usuarios finales:

- Calidad y continuidad de llamada.
- Control de tamaño de célula para minimizar la interferencia total en la red.

El algoritmo se alimenta con la fuerza de la señal y las mediciones de calidad desde el móvil, y desde la estación base que esta sirviendo la conexión. El resultado es una lista de células que el algoritmo juzga como posibles candidatas para el handover. Las células en la lista son clasificadas y ordenadas de forma descendiente de preferencia para el handover.

El algoritmo trabaja de manera continua, completando un ciclo de calculo aproximadamente cada 480 ms. El algoritmo recomienda no realizar más de un handover en este tiempo.

Hay muchas razones por las que se recomienda un handover:

- Las relaciones de la potencia entre la portadora en servicio y las portadoras vecinas (se selecciona la célula con la fuerza de señal más alta y menor perdida de trayectoria).
- La calidad de la señal (cuando la tasa de bit de error es muy alta, se sugiere un handover).
- Avance en tiempo (cuando el móvil se mueve a la frontera de la célula, el algoritmo de localización propone un handover si se excede el umbral de avance de tiempo).

Otro tipo de medición se basa en la señal cuando ésta es decodificada en el decodificador de canal (tasa de error de trama). Estas mediciones son la entrada para el algoritmo que es usado para una desconexión recomendada en una transmisión de baja calidad en la estación base y en el MS respectivamente.

Hay un gran número de parámetros en el algoritmo de localización. La mayoría de estos relacionados a cantidades asociadas a una célula individual y a las relaciones de vecindad de célula a célula. El propósito de estos parámetros es adaptar el algoritmo de localización a la realidad de la red celular. En el análisis final es el algoritmo de localización con sus configuraciones de parámetros el que se pone en práctica en la estructura celular que se ha planeado por los operadores para sus clientes.

Para el HSCSD se pueden asignar varios timeslots a una conexión. Al primero de estos se le llama canal maestro. La asignación se realiza para la conexión entera usando las mediciones sólo del canal principal de la célula en servicio.

Una conexión de telefonía móvil debe manejarse entre las células de acuerdo a como las personas que usen el teléfono se muevan dentro de éstas. Hay varios criterios que pueden usarse para tomar una decisión sobre el handover además de la potencia de la señal. Los criterios sirven para diferentes propósitos, los cuales a su vez surgen de un rango de requerimientos localizados en un sistema de telefonía móvil.

Los requerimientos básicos son la cobertura, la calidad de la voz y la capacidad. Por lo tanto, los propósitos del criterio son proveer una conexión con la máxima fuerza de señal obtenible en todo momento (cobertura), evitar alteraciones (calidad de la voz) y la máxima razón C/I (calidad de voz y capacidad).

Límites de handover preciso.

Las decisiones de handover están basadas en mediciones de calidad de la señal y en la potencia de ésta, las mediciones son realizadas por la estación móvil, a lo que se le llama handover asistido por móvil (MAHO). La estación móvil mide la potencia de la señal que viene de la estación base

que está sirviendo la conexión. Además mide la potencia de la señal del BCCH de las células circundantes. Estas medidas son usadas en una comparación para encontrar la célula que pueda dar el mejor servicio.

La ventaja de usar comparaciones es que los límites de handover están fijados en el espacio e independientes de la dirección hacia donde se está moviendo el móvil. Un margen de seguridad contra la fluctuación de handovers (histéresis) puede ser ajustada para satisfacer las necesidades de la red. La principal razón para las fluctuaciones es el desvanecimiento de la señal debido al movimiento del MS o movimientos de los objetos a su alrededor. Una baja histéresis produciría un límite de handover más marcado pero una gran cantidad de handovers.

Además de la histéresis, los cronómetros regulan el tiempo mínimo entre handovers.

La ventaja del uso de las estaciones móviles para las mediciones usadas en la comparación es que los errores sistemáticos en los dispositivos de medición se cancelan. Por lo tanto, los límites de handover son constantes e independientes de la estación móvil.

Los límites de handover adaptados al ambiente de radio.

Las mediciones de la potencia de la señal que provee el móvil a la BSC, permiten la comparación entre la célula que está dando el servicio y las células vecinas que el móvil verifica. Las comparaciones pueden hacerse con un criterio de potencia de la señal (modo de potencia de señal), o con un criterio de pérdida por trayectoria (modo de pérdida de trayectoria).

En el modo de potencia de señal, los límites del handover son influenciados si la potencia de salida efectiva radiada (ERP) de una o varias estaciones bases cambia. Un incremento en la potencia de salida en una célula significa un incremento en el área de cobertura ésta. Sin embargo, si la potencia de salida cambia equitativamente en todas partes, los límites no se ven afectados.

En el modo de pérdida por trayectoria, es la pérdida por trayectoria de la estación base que está dando el servicio y la de cada una de las estaciones bases vecinas las que se usan en el algoritmo. La pérdida por trayectoria se calcula substrayendo la potencia de la señal recibida de la potencia efectiva radiada en cada estación base. De esta manera, las potencias de salida en las diferentes estaciones base no tienen significado para los límites de los handover, de esta manera si la potencia efectiva radiada de alguna de las estaciones cambia independientemente de cada una de las células vecinas, los límites de handover no se ven afectados.

Baja interferencia producida por los límites de handover.

Las comparaciones en el algoritmo de localización sirven para encontrar la célula con la potencia de señal más alta (modo de potencia de señal, o modo K) o la pérdida por trayectoria más baja (el modo de pérdida por trayectoria, o modo L). Ambos modos pueden tener el efecto de que la razón C/I en el sistema se aumente, comparado a límites de handover basados en los umbrales fijos.

El efecto en el modo de potencia de señal depende del hecho que el C puede verse como una aproximación a C/I. Por lo tanto aumentando al máximo C para cada conexión es aproximadamente igual que aumentar al máximo C/I para cada conexión. Esto es por lo menos verdad en un sentido estadístico.

El efecto en el modo de pérdida por trayectoria depende de lo mismo que en el modo de potencia de señal, más el hecho que el modo de pérdida por trayectoria favorece a las estaciones base con baja salida de ERP. Se emite menos energía al aire, en comparación con el modo de potencia de señal, de esta manera el valor de "I" decrece en la razón C/I. Sin embargo, el modo de pérdida por trayectoria puede resultar en áreas donde el nivel C/I es localmente más bajo que el que se habría tenido si se hubiera usado el modo de potencia de señal.

Planeación de célula flexible.

La salida de potencia de la estación base para la frecuencia que porta el BCCH puede ajustarse a un nivel diferente de todas las otras frecuencias. Esto proporciona una oportunidad de planear las frecuencias de BCCH según un plan o estrategia diferente que el de las otras frecuencias.

Todos los límites de célula pueden moverse individualmente por los parámetros de compensación de límites de handover relacionados célula a célula. Las razones para hacer esto es que pueden ser ajustados a la topografía o a la situación de tráfico, por ejemplo, colocar un límite de célula a la mitad de un lago o una montaña, eliminar los rincones de cobertura de la célula que sobresalen sobre caminos ocupados o mover algo del tráfico de una célula con mucha carga a una célula vecina. Además, los límites de célula tienen histéresis individual fijada por los parámetros definibles de célula a célula. Se pueden usar valores de histéresis diferentes para una potencia de señal baja (en el criterio de potencia de señal) y para una potencia de señal alta (en el criterio de pérdida por trayectoria).

Handover urgente por mala calidad.

Las mediciones de calidad las provee el móvil (downlink) así como la estación base (uplink). Se proveen sólo las mediciones de calidad para la radio trayectoria conectada a la célula en servicio. Cuando se detecta una calidad pobre el algoritmo de localización puede proponer un handover.

Un handover no puede romper el patrón C/I. Por consiguiente, un handover de urgencia sólo se llevará a cabo si la estación móvil está cerca de la frontera celular.

Handover urgente en un avance en el tiempo excesivo.

Para que los móviles puedan sincronizar la transmisión de sus ráfagas en el momento que la estación base espera recibirlos, debe tenerse en cuenta el tiempo que toma a las señales de radio viajar del móvil a la base. El tiempo de desplazamiento apropiado lo encuentra la estación base, la cual envía una orden al móvil para comenzar la transmisión de sus ráfagas en adelante, de manera que se simule que la velocidad de la señal de radio fuese infinita. Este intervalo de tiempo se llama "avance en el tiempo". El protocolo de TDMA GSM permite un avance en el tiempo máximo correspondiente a una distancia base a móvil de aproximadamente 35 km.

El valor calculado del avance de tiempo por la estación base está disponible en el algoritmo de localización y se usa como una medida de la distancia base a móvil. De esta manera, se puede especificar un radio máximo geográfico de célula. Si es excedido, el algoritmo de colocación propone un handover.

La localización es el algoritmo básico para determinar la mejor célula para dar servicio a la conexión. Sin embargo, la localización también incorpora algoritmos para algunas funciones de la red de radio, estas funciones involucran a la célula, subcélula o cambio de canal:

- Asignación a otra célula.
- Estructuras de célula jerárquicas.
- Subcélulas subpuestas y sobrepuestas
- Rango extendido.
- Reparto de la carga de célula.

Descripción técnica.

Control del handover en la MSC.

La MSC tiene propiedades de intercambio, dentro de las cuales se incluyen la supervisión de tiempo de conmutación en el grupo de conmutación, el permiso o no de handover en diferentes circunstancias.

Procedimiento de medición.

Cada 120 ms (una vez en una multitrama de 26 tramas) hay una trama ociosa en el canal de tráfico que permite que el móvil sintonice de nuevo los ARFCN's medidos y decodifique las ráfagas de sincronización.

La ráfaga de sincronización contiene el BSIC que incluye el NCC. Si el MS puede detectar la ráfaga de sincronización y decodificarla, éste verifica si el NCC está permitido como lo define el parámetro NCCPERM. Si no, la potencia de la señal medida para esta frecuencia se descarta. Si el NCC está permitido, los valores medidos se reportan a la BSC.

El MS reporta en cada periodo del SACCH los seis candidatos mas fuertes que durante los diez últimos segundos ha decodificado el BSIC con éxito.

Algoritmos.

El algoritmo de localización Ericsson1 sirve al propósito de proporcionar una lista de posibles células candidatas (en el orden de la clasificación jerárquica descendente) para el handover. La asignación de canal y la señalización del handover no son considerados parte del algoritmo de colocación.

La colocación consiste en ocho fases. Las fases se procesan aproximadamente de manera cronológica:

- *Iniciaciones.*
Se crea una colocación individual. Si ha habido una colocación individual anterior manejando la misma conexión, puede recibirse una lista de castigo.
- *Filtrado.*
Se filtran los valores medidos promediando un número de mediciones consecutivas para cada tipo de valor.
- *Las condiciones de urgencia.*
Se evalúan dos tipos de condiciones de urgencia: la calidad de señal pobre y el avance en el tiempo excesivo. La calidad señalada se evalúa en el uplink así como en el downlink.
- *La clasificación jerárquica básica.*
Se prepara una lista de la clasificación jerárquica básica de células candidato. Los Sistemas GSM Ericsson proporcionan dos algoritmos para la clasificación jerárquica básica: el Ericsson1 y el Ericsson3. El Ericsson1 (también llamado clasificación jerárquica K/L) toma en cuenta tanto la potencia de la señal como la pérdida por trayectoria. El Ericsson3 sólo considera la potencia de la señal.
- *Las evaluaciones de las funciones auxiliares de la red de radio.*
Se evalúa el criterio para el cambio de subcélula subpuesta y sobrepuesta, las estructuras de células jerárquicas, el handover intracelular, la asignación a otra célula, el rango extendido y el compartimiento de carga de célula.

- *Organizando la lista.*
Todas las células están organizadas en una lista final de candidato según las reglas que se definen por el resultado de las condiciones de urgencia, las evaluaciones para sobreposición y subposición, las evaluaciones de las estructuras de célula jerárquicas, evaluaciones de handover intracelular y las evaluaciones de compartiendo de carga de célula. Se puede aplicar un criterio de colocación adicional para remover a los candidatos inapropiados.
- *Envío de lista.*
La lista de candidatos se envía al procesador central para usarse en la asignación de canal.
- *Repetición de asignación.*
El resultado de la asignación de canal determina la acción. Si tiene éxito, la conexión se transfiere a otro canal y el proceso de colocación se transfiere a un nuevo proceso de software. Si ocurre el fracaso la conexión no se transfiere, sin embargo, se toman medidas de seguridad.

Iniciaciones.

Un individuo de localización es un proceso de software que maneja la localización y las funciones auxiliares de la red de radio. Se activa como resultado de la asignación inmediata de canal o handover. Esto significa que todos los tipos de conexión, tráfico y señalización, son manejados por el proceso de localización. El handover puede inhibirse durante parte de la señalización de la conexión.

En un cambio de canal (la asignación, el handover, cambio de subcélula, y handover intracelular) se crea un nuevo individuo de localización que se hace cargo del manejo de la conexión y termina el individuo de localización anterior.

Si el nuevo individuo de localización se activa como resultado de un handover, se transfiere una lista de penalizaciones del individuo de localización anterior. También se transfiere la información limitada de la penalización a una célula en un handover de urgencia en otro BSC.

Inmediatamente después de una asignación, un handover o un cambio del subcélula, es deseable permanecer en el mismo canal durante algún tiempo. La razón es que el filtrado de las mediciones necesita de algún tiempo para producir estimaciones fiables en las cuales basar la acción siguiente. Por consiguiente, en el inicio de un individuo de localización, se inicia también un tiempo de espera. El tiempo de espera inhibe la acción siguiente hasta que éste expira.

Filtrado.

La localización está basada en un número de cantidades que son reportadas a la BSC (tabla 3-6).

Descripción de datos				
Fuerza de la señal	Downlink	Propia célula	Conjunto total	MS
Fuerza de la señal	Downlink	Propia célula	Subconjunto	MS
Fuerza de la señal	Dowlink	Las seis vecinas más fuertes		MS
Calidad	Downlink	Propia célula	Conjunto total	MS
Calidad	Downlink	Propia célula	Subconjunto	MS
Calidad	Uplink	Propia célula	Conjunto total	BTS
Calidad	Uplink	Propia célula	Subconjunto	BTS
Avance en el tiempo				BTS
Capacidad de potencia del MS				BSC(MS)
DTX usado por la estación base				BTS
DTX usado por el móvil				MS

Tabla 3-6 Datos que se usan en la evaluación de localización.

Las mediciones de potencia de la señal, calidad y avance en el tiempo se toman y reportan una vez cada periodo de SAC, por ejemplo cada 0.48 s.

El móvil puede medir la potencia de la señal de las 32 células vecinas pero sólo puede reportar las seis más potentes en el reporte de la medición.

Las mediciones de la potencia de la señal de la célula que está dando el servicio y las mediciones de la calidad (del móvil así como el de la BTS) están disponibles en el “conjunto completo” y el “subconjunto”. El conjunto completo son medidas tomadas de todas las ráfagas en el periodo entero del SACCH. El subconjunto son medidas tomadas de ráfagas donde la transmisión está garantizada aun cuando la DTX está activa. El algoritmo de localización puede seleccionar a ambos, al conjunto completo o al subconjunto. En general, el conjunto completo se usa si la DTX no se ha usado durante el periodo de medición (periodo de SAC), y el subconjunto si la DTX ha sido usada durante el periodo.

Todos los reportes de mediciones de potencia de la señal son entregados como valores enteros entre 0 y 63, que corresponden a la potencia de la señal de -110 dBm a -47 dBm. Los valores de las mediciones por encima de los -47 dBm son ajustados a 63, y los que están por debajo a los -110 dBm son ajustados a 0.

El parámetro usado como una medida de calidad es la tasa de error de bit (BER Bit Error Rate) que se estima en el proceso de decodificación de la señal, trazado sobre una escala logarítmica. Los reportes de mediciones de calidad se presentan desde el MS y la BTS como un valor entero entre 0 y 7, donde 0 corresponde a una buena calidad (bajo BER) y 7 a una mala calidad (alto BER). El algoritmo de localización transforma estos valores para una escala de 0 a 70.

Los valores de avance de tiempo son presentados desde la BTS como valores de 0 a 63, donde el 63 corresponde a una distancia BTS-MS de aproximadamente 35 km.

La BSC recibe los resultados de las mediciones y los almacena. Las células vecinas desde las cuales ha arribado un reporte de medición de potencia de la señal se marcan como “validas”.

Filtrado de los valores de potencia y calidad de la señal.

Los valores de la potencia de la señal y de la calidad, que llegan son filtrados por último para eliminar el ruido. Además, algunos componentes transitorios de duración similar al tiempo de respuesta del filtro son eliminados.

Están disponibles cinco tipos de filtros:

- Filtros FIR generales.
- Promedio directo recursivo.
- Exponencial recursivo.
- Butterworth de primer orden recursivo.
- Mediana

Avance en el tiempo.

Se usa un filtro de avance en el tiempo simple para todas las células en la BSC. El filtro es de promedio directo.

Clasificación jerárquica básica.

Visión global del Ericsson 1

El propósito de la clasificación jerárquica básica es producir una lista de todas las células candidatas, clasificadas en orden de preferencia. El procedimiento de clasificación consiste de siete pasos:

- Corrección de la potencia de salida de la estación base para las mediciones de downlink.
- Evaluación de la condición de potencia de señal mínima.
- La substracción de penalización de la potencia de señal.
- Evaluación de la condición suficiente para la potencia de la señal.
- Evaluación de la potencia de la señal (criterio K).
- Evaluación de la pérdida por trayectoria (criterio L).
- Combinación de una lista de clasificación básica.

Corrección de la potencia de salida de la estación base para mediciones de downlink.

Cuando la estación móvil mide el nivel de la señal que proviene de una célula vecina, esta célula transmite sobre un canal de control (BCCH). Este canal puede tener una potencia de salida diferente (ERP) de la del canal de tráfico que será tomado en el caso de un handover. El algoritmo de localización, sin embargo, tiene como objetivo controlar los límites de las células puesto que estos límites existen para los canales en las frecuencias de tráfico. Por lo tanto, las mediciones de la potencia de la señal RXLEV para todas las células (incluyendo la célula en servicio) son corregidas por la diferencia en la ERP en el transmisor de la frecuencia del BCCH BSPWR y el transmisor de otra frecuencia o frecuencias, BSTXPWR.

La corrección de la célula en servicio sólo se lleva a cabo si es necesario esto es si la transmisión ocurre sobre la frecuencia del BCCH. La corrección para las células vecinas siempre se hace, cuando un canal de tráfico sobre una frecuencia de BCCH puede ser tomado después del handover.

Condición de nivel mínimo para las células vecinas.

La salida del filtrado de las potencias de la señal de las células vecinas, RXLEV, es probado contra dos límites de nivel mínimo. Un límite para la potencia de la señal de downlink y otro para la potencia estimada de uplink. Estos niveles están definidos para cada célula de manera individual.

EL nivel de señal de uplink y downlink más débil se usa para la selección del criterio de nivel mínimo. Esto es para ver si las señales pueden considerarse lo suficientemente altas sobre el nivel de sensibilidad para la posible célula sobre la cual se hará el handover.

Las células vecinas que cumplen por completo con las condiciones de nivel mínimo de uplink así como los de downlink son elegibles para procesos posteriores.

Multas.

Las multas, o castigos, limitan el handover a células que por alguna razón son temporalmente indeseable. El agravante consiste en substraer un valor de la potencia de la señal (una multa) del RXLEV estimado de la potencia de la señal para la célula indeseable, para que parezca peor de lo que realmente es.

Una penalización de señalización está dada por una de las siguientes tres razones:

- Falla de handover:
Si hay una señalización de falla en el handover, la falla podría repetirse si el handover a la misma célula se intenta demasiado pronto. Por lo tanto, la célula en la cual el handover ha fallado se penaliza.
- Handover urgente por mala calidad:
La célula que es abandonada por urgencia de mala calidad es normalmente la mejor célula desde el punto de vista de potencia de señal. Esto significa que sin tomar precauciones encabezaría la lista en la próxima evaluación de colocación y por lo tanto causaría un retorno.
- Handover urgente por un avance de tiempo excesivo.
Es similar al handover urgente por mala calidad. Es manejado de la misma manera, con su propio conjunto de parámetros. Sin embargo, cuando una célula es penalizada debido a un avance en el tiempo excesivo, todos los otros sitios vecinos se prueban para el avance de tiempo excesivo y son penalizados si es necesario.

Una multa temporal: esta es una penalización que esta asociada con la característica de estructuras de célula jerárquicas.

Cada multa se aplica a la célula penalizada por un tiempo específico que se conoce como duración de la multa. Es aplicada sólo a la conexión que ha experimentado una falla de handover, la condición de urgencia, o la condición relacionada a las estructuras de célula jerárquicas.

Antes de la clasificación jerárquica, se realiza una revisión para ver si hay una alguna multa para las células vecinas en cuestión. Si una célula tiene una multa (y la duración de la multa ha expirado), esta multa se remueve.

Condición de nivel suficiente.

Para todas las células vecinas seleccionadas de acuerdo con la condición de nivel mínimo (más la célula que está dando servicio) se aplica una condición de nivel suficiente. Esta condición separa las células en las cuales se ha reportado una potencia de señal alta (células de potencia de señal) de aquellas que han reportado una potencia de señal baja (células de potencia de señal baja). La condición puede ser también vista como un modo de separar las células dentro de "áreas de potencia de señal alta" y "áreas de potencia de señal baja".

El nivel mínimo de potencia de señal y el nivel suficiente de potencia de señal pueden verse como áreas delineadas alrededor de la estación base. La figura 3-28 muestra un ejemplo de cómo pueden aparecer los niveles mínimo y suficiente en un plano geográfico idealizado (por ejemplo un área geografía plana sin perdidas por sombra).

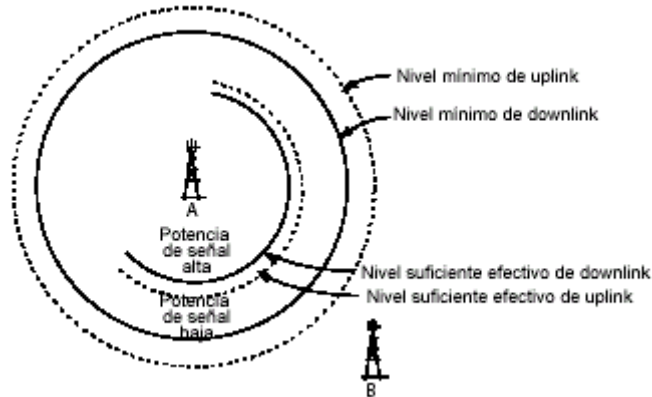


Figura 3-28 Niveles mínimos y suficiente alrededor de la estación base.

Las líneas sólidas representan las condiciones finales (por ejemplo el uplink y downlink combinados). El nivel suficiente es válido sólo para la célula vecina B.

Como se describió previamente, el nivel suficiente para la célula en servicio puede ser diferente en relación a las diferentes células vecinas. La evaluación de la condición de nivel suficiente para la célula que está dando el servicio estará relacionada a la mejor célula vecina (la vecina con la clasificación más alta en la lista de clasificación jerárquica básica). Por lo tanto, las células vecinas deben de estar clasificadas antes de que se lleve a cabo la evaluación.

Clasificación de acuerdo al criterio de potencia de la señal. (criterio K).

Las células que no satisfacen la condición de nivel suficiente (las células con potencia de señal baja) son llamadas células K, y son ordenadas de acuerdo a una clasificación de potencia de señal relativa (criterio K). Las células que cumplen con la condición de nivel suficiente (las células con potencia de señal alta) son llamadas células L. Las células L se consideran elegibles por la clasificación de pérdida por trayectoria (criterio L).

El criterio K es un criterio de potencia de señal relativa, de aquí que los valores K son potencias de señal relativas al nivel de suficiencia. El valor K efectivo total para la célula en servicio se calcula como el valor K más bajo de downlink y uplink. Para las células vecinas, el valor K total efectivo es también el menor de los valores K de downlink y uplink pero modificado por un desplazamiento y una histéresis.

El desplazamiento es usado para cambiar el valor de clasificación. Esto tiene el efecto de hacer que el límite de célula sea desplazado fuera de la célula para la cual el parámetro tiene un valor positivo. Esto se define como una relación célula a célula y es siempre antisimétrico (por ejemplo el mismo valor pero diferente signo en dos células vecinas).

Después de un handover, la célula en servicio se convierte en célula vecina. El límite nominal de la célula en la figura 3-28 permanece en la misma posición, pero el límite de handover se intercambia de una célula a otra. De esta manera se crea un área (o un corredor) alrededor del límite nominal de la célula, el llamado corredor de histéresis. En esta área, la conexión puede pertenecer a una de estas células.

Las células K son clasificadas de acuerdo con sus valores K. El valor K más alto es listado en primer lugar.

Clasificación de acuerdo al criterio de pérdida por trayectoria. (criterio L).

Las células L son clasificadas de acuerdo a su pérdida por trayectoria, calculada como la diferencia entre la ERP de la estación base y la potencia de señal recibida en el móvil. El criterio de pérdida

por trayectoria es independiente del móvil así como de las valuaciones de potencia de la estación base. En una cierta localización, cada móvil evaluará entonces la pérdida por trayectoria de igual manera sin consideración de la clase de potencia o los cambios de potencia de la estación base. Este no es el caso con el criterio de potencia de señal relativo. En consecuencia, las llamadas son transferidas de una célula grande (la cual causa fuerte interferencia) a una célula pequeña que causa una interferencia más débil debido a su valuación de potencia más baja. Así, el uso del criterio de pérdida por trayectoria se espera reduzca el nivel de interferencia de forma estadística sobre la red entera. Si dos células tienen la misma ERP, el criterio K y L dan el mismo resultado de clasificación respecto una de la otra.

Para la célula L en servicio, el valor L efectivo es igual al de pérdida por trayectoria.

Para las células vecinas, el valor L efectivo se modifica con un corrimiento y una histéresis de la misma manera que el valor de clasificación K, por ejemplo las células L son clasificadas de acuerdo a su valor L, y el menor valor L es listado como primero.

El corrimiento y la histéresis tienen las mismas propiedades de simetría que su contraparte K, esto es, antisimetría y simetría, respectivamente. Ellos son, así, usados para controlar los límites de célula que aparecen cuando la célula en servicio y la célula vecina más fuerte (aquella sobre la que usualmente se lleva a cabo el handover) son ambas células L.

Clasificación de la célula en servicio.

Hasta este punto las clasificaciones de las células vecinas son conocidas. Para clasificar la célula en servicio, debe ser determinado si esta es una célula K o una célula L. Como con las células vecinas, se hace por medio de una evaluación de la condición de nivel de suficiencia.

Si la célula en servicio es una célula K, esta es clasificada entre las otras células K. Si la célula en servicio es una célula L, esta es clasificada entre las otras células L.

Lista básica de clasificación.

Finalmente, la lista de clasificación básica se compila uniendo las células K y las células L. Las células L son puestas en al principio, poniendo primero la célula que tenga el valor de clasificación que correspondiente a la menor pérdida por trayectoria. Las células K puestas al final, poniendo al último a la célula que tenga el valor de clasificación que corresponde a la menor potencia de señal relativa. Esto significa que la célula L es siempre clasificada mejor que la célula K sin importar cuales son los valores originales de potencia de la señal que son usados en los cálculos. Una visión global del procedimiento de clasificación jerárquica se muestra en la figura 3-29.

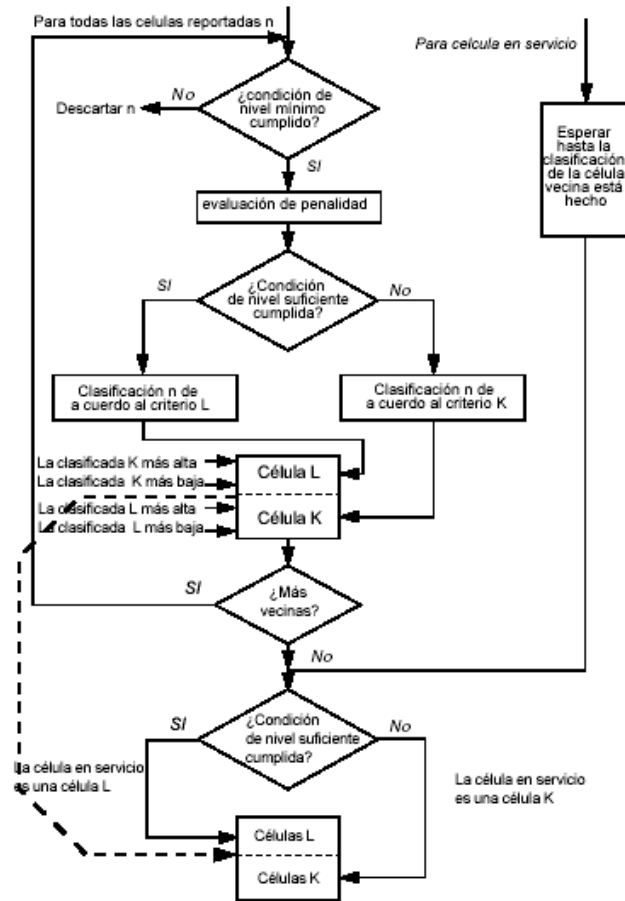


Figura 3-29 Vista general del procedimiento de clasificación jerárquica básica

Ericsson 3 Vista global:

Las tres primeras etapas del algoritmo (corrección de la salida de potencia, evaluación de la potencia mínima de la señal y la substracción de las multas de potencia de señal) se realizan de la misma forma que en el Ericsson 1. La clasificación jerárquica, sin embargo, es mucho más simple. Ericsson 3 toma en cuenta sólo la potencia de la señal y no considera la perdida por trayectoria.

Clasificación jerárquica.

En el algoritmo de clasificación se usan un valor de desplazamiento y un valor de histéresis cuando se hace la clasificación de las células vecinas. El valor de desplazamiento se usa para desplazar el límite de la célula relativo al límite dado estrictamente por la potencia de la señal. La histéresis reduce el riesgo de rebotes de handovers.

Condiciones de urgencia.

Se usan dos criterios para la detección de urgencia: avance de tiempo excesivo y mala calidad.

La información acerca por la urgencia de mala calidad y el avance de tiempo excesivo se usan en la fase de organización para indicar cuando la célula necesita ser abandonada urgentemente. En este caso, se permite realizar un handover a una célula que tiene un valor de clasificación jerárquica básica menor que la célula en servicio. Sin embargo, no se permite hacer un handover de urgencia por mala calidad a una célula de menor clasificación desde la célula en servicio. Esto podría causar que una llamada sea conectada en una célula que está lejos de ser la célula

acordada en la planificación de célula. En consecuencia la llamada puede causar interferencia de co-canal de uplink excesiva a otra conexión y correspondientemente puede experimentar interferencia de co-canal de downlink excesiva. Por lo tanto se aplica un criterio extra de potencia de señal.

Un desplazamiento define que tan lejos del límite nominal de la célula se permite estar localizado a un móvil para ser elegible para el handover por mala calidad; para esto aplican los valores de la clasificación jerárquica K y a los valores de la clasificación jerárquica L.

La causa principal de mala calidad es normalmente la interferencia de co-canal. Sin embargo, también puede aparecer como resultado de la interferencia de canal adyacente, dispersión de tiempo excesiva, o potencia de señal baja. En todos los casos, un handover puede llevar a una mejora de la calidad de conexión. Si no se encuentra ningún candidato del handover conveniente la llamada permanece conectada a la célula en servicio.

El avance de tiempo excesivo puede usarse como una medida de la distancia base a móvil. Esto puede usarse como un límite de célula flexible. Si no se encuentra un candidato conveniente en una urgencia por avance de tiempo excesivo, la llamada permanece conectada a la célula en servicio. Una urgencia de tiempo excesivo no tiene ninguna de las limitantes de región de urgencia que tiene una urgencia de mala calidad.

Las condiciones de radio que dieron aumento a la condición de urgencia pueden permanecer en la célula original. Además, la célula original sería la mejor célula estrictamente desde un punto de vista de potencia de señal o pérdida por trayectoria. Para prevenir un retroceso inmediato a la célula original después de un handover de urgencia, la célula original es multada durante una cierta cantidad de tiempo.

En una urgencia por mala calidad la HCS es anulada y sólo se realiza una clasificación básica.

Funciones auxiliares de la red de radio.

Se incorporan seis funciones auxiliares de la red de radio en el software de localización:

- Asignación a otra célula.
- Estructuras de célula jerárquicas.
- Subcélulas sobrepuesta y subpuesta dinámicas
- Handover intracelular.
- Rango extendido.
- Compartimiento de carga de célula.

A continuación se dan las descripciones de cada una de estas funciones auxiliares en conjunción con la localización.

Asignación a otra célula.

El algoritmo normal de localización se usa para encontrar la célula mas conveniente en la conexión de la llamada. Esto es posible puesto que la localización es iniciada en asignación inmediata cuando un canal de señalización se establece entre la MSC y la estación móvil. Cuando un canal de tráfico se asigna (por ejemplo cuando la señalización es completada y se establece la trayectoria total) la localización ha tenido la oportunidad para evaluar el ambiente de radio.

En el caso donde se encuentra una mejor célula que aquella que está dando el servicio (por ejemplo una que provee conexión ociosa de downlink) esta célula será la primera en la lista de candidatas de localización. Esto es llamado "*asignación a mejor célula*".

En esta etapa de las evaluaciones de localización, las células de menor calificación a la célula en servicio pueden también permanecer en la lista de candidatas de localización. En el caso de congestión en la célula en servicio o en la mejor célula, la llamada puede instaurarse en otra célula de menor calificación, esto es llamado *“asignación a peor célula”*. Sin embargo, de la misma manera que en la urgencia por mala calidad, las células con un radio mas grande al límite de la célula nominal no se les permite permanecer como candidatas. La razón para este criterio extra de potencia de señal es el mismo que el de la región de urgencia de mala calidad, por ejemplo, no causar perturbación de co-canal y no estar sujeto a interferencia de co-canal.

Estructuras de célula jerárquicas.

Las estructuras de células jerárquicas hacen posible organizar las células en hasta ocho capas donde cada capa pertenece a una banda. Una manera de utilizar la característica de célula jerárquica es aplicar esta a una red con una capa de microcélulas y una capa de célula de sombrilla que cubra las microcélulas.

La capa puede verse también como una designación de prioridad. La característica de las estructuras de célula jerárquicas puede tener otro uso, si hay una necesidad por priorizar cierto tipo de células, sin considerar el tamaño de las células. Un ejemplo importante son los sistemas combinados GSM900 y GSM1800, donde dos bandas de frecuencia pueden asignarse a diferentes capas.

La idea con una estructura de célula en capas es permitir a las células de la capa más baja dar servicio a los MS's que tienen suficiente potencia de señal, aun cuando haya más de una célula en capa superior con una potencia de señal más alta en el área. Las células de capa superior sólo captan tráfico en casos de congestión de llamadas, en huecos de radio cobertura, y en perturbaciones de radio.

Para llevar acabo esta estrategia las células en diferentes capas no son clasificadas juntas. Si esto sucediera, una célula tipo sombrilla con potencia de señal fuerte captaría todo el tráfico en su vecindad y las microcélulas bajo ésta no recibirían el tráfico para el que están diseñadas.

La evaluación de HCS reestructura la lista de la clasificación según las reglas de prioridad, éstas son diferente entre las capas en la misma banda comparadas con las capas en diferentes bandas de HCS.

La lista de la clasificación después de la evaluación de HCS contiene dos partes. Las células en la parte superior de ésta tienen prioridad de la HCS. La parte más baja contiene el resto de las células en el orden de la clasificación básica. Por lo menos un candidato de cada capa se pone en la parte superior de la lista.

Subcélulas dinámicas sobrepuestas y subpuestas.

Esta característica puede usarse para aumentar la capacidad de tráfico en una red celular sin agregar nuevos sitios. Proporciona un mecanismo para cubrir los picos temporales en la carga de tráfico en una célula con un nivel de interferencia retenido.

La estrategia detrás de la subcélula dinámica sobrepuesta y subpuesta es usar sólo la subcélula sobrepuesta como un último recurso cuando la carga de tráfico en la subcélula subpuesta es alta.

Handover intercelular.

Las evaluaciones de handover intercelular pueden resultar en una recomendación para cambiar el canal dentro de la subcelula.

Rango extendido.

El rango extendido permite el uso de células con un radio máximo de 72 o 121 Km (en contraste lo normal de 35 km). Para células de rango extendido, es grande el valor de aquellos parámetros que involucran a las cantidades relacionadas al avance de tiempo.

Compartimiento de carga de célula.

El compartimiento de carga de célula emplea los cálculos de localización para determinar de nuevo el valor de clasificación para ciertas vecinas. Si la carga esta por encima a un umbral en la célula, todas las conexiones activas en la célula se convierten en objeto para nuevos cálculos de compartimiento de carga.

Después que se ha completado el procedimiento de clasificación en la localización, se calculan de nuevo los valores de clasificación de las células vecinas candidatas seleccionadas con una histéresis reducida. La selección de las células vecinas se basa en el siguiente criterio:

- La vecina es una célula peor.
- Esta pertenece al mismo nivel jerárquico.
- Esta pertenece a la misma BSC.
- La carga en la célula vecina es menor a cierto umbral.

La reducción de histéresis aplica a todas las histéresis. Esto se aplica de manera gradual sobre un cierto tiempo, comenzando de cero a un porcentaje de cada valor de histéresis normal. Después de los nuevos cálculos, la nueva lista de clasificación jerárquica reemplaza a la anterior en futuros tratamientos. El resultado es que una peor célula puede eventualmente cambiar su estatus y convertirse en mejor, en consecuencia iniciando un handover.

Organización de la lista.

Después de una evaluación de condición de urgencia, de la clasificación básica y la evaluación de multas, las células se ordenan en una lista de clasificación jerárquica ya sea de acuerdo a Ericsson1 o a Ericsson3. Las células se dividen entonces en tres categorías, mejor célula, peor célula y célula en servicio. El siguiente paso es evaluar las funciones de la red de radio, el compartimiento de carga de célula, el handover de células sobrepuestas y subpuestas, y el handover intracelular. La evaluación de una función auxiliar se realiza sólo si la función está activa.

La lista final de células candidatas contiene hasta siete candidatos: un máximo de seis células vecinas candidatas y una célula en servicio candidata.

La información acerca de la causa para la acción se adjunta a cada célula candidata. Para las células vecinas, el valor de causa indica la causa del handover. Para la célula en servicio los valores de causa indican que acción realizar: asignación, handover intercelular, o cambio de subcélula.

Preparación de la lista: el único asunto restante antes de que la lista de candidatas esté lista para ser enviada, es colocar el valor de causa de asignación y el valor de causa de handover.

Envío de la lista.

La lista de candidatas resultante forma la base para la selección de célula. Si el resultado es una lista vacía entonces ahí simplemente no hay una opción mejor que permanecer en la presente célula. Además, no se envía lista al procesador central.

La primera célula en la lista de candidatas es la “mejor” candidata. Idealmente esta es la célula a la cual el móvil debe ser conectado. Si no hay canales disponibles en la “mejor” célula, las funciones

de manejo de handover en la BSC hacen un intento por asignar un canal en la siguiente célula de la lista de candidatas.

Respuesta de asignación.

La respuesta de la asignación de canal para la colocación individual contiene información acerca del resultado de ésta. Este resultado puede ser de éxito o falla. La falla puede ser debida a la congestión o a una falla de señalización. El resultado determina un número de acciones, tales como puesta de multas y habilitación de ciertos cronómetros.

Éxito.

Una asignación exitosa significa que se encontró un recurso de radio disponible en una de las células candidatas y que la transferencia de la conexión al nuevo canal fue exitosa. En este punto se ha activado (conectada a un nuevo radio canal) una nueva colocación individual. La anterior colocación individual tiene una tarea más que realizar antes de que sea borrada. Si el handover fue debido a una condición de urgencia, una multa se debe calcular para no causar un regreso inmediato, esta multa debe transferirse a la nueva colocación individual.

Criterio de desconexión.

El criterio de desconexión de downlink se maneja por el móvil. Este es controlado por el parámetro RLINKT, que el móvil recibe desde la estación base sobre el canal de voice.

El algoritmo es del tipo “cubo con fuga” y basa la decisión en tramas de información de datos o voz digital decodificadas exitosamente. Hay un “cubo” que inicialmente contiene un número dado por RLINKT, que es también el volumen de éste (es decir el número máximo de unidades que puede contener). Cuando una trama se ha recibido pero no decodificada exitosamente, el contador del “cubo” decrece una unidad. Cuando la trama es decodificada exitosamente, es incrementado por dos unidades (hasta el máximo RLINKT). Si el contador del “cubo” baja a cero, el móvil termina la conexión.

El contador del “cubo con fuga” se reinicia en un handover, asignación, cambio de subcélula o handover intracelular.

El algoritmo en el uplink es el mismo pero manejado por la BSC, basa la decisión en tramas decodificadas exitosamente en el uplink (es decir en la estación base). Un parámetro similar al RLINK controla el algoritmo.

Como un criterio adicional de desconexión de uplink, se usa un umbral para el avance de tiempo.

3.9.3 Administración de canal.

Cuando se va a establecer una conexión o un canal en uso debe cambiar por alguna razón, se debe de escoger y asignar un nuevo canal. Debido a que hay más de un tipo de canal posible de escoger, se debe definir el orden de preferencia. Además si hay varios canales ociosos dentro del tipo de canal escogido, debe haber un de regla para seleccionar al más conveniente.

La administración de canal es una función que selecciona y asigna un canal conveniente cuando se requiere. La función se implementa en la BSC.

Las funciones de subcélulas sobrepuestas y subpuestas, y asignación inmediata sobre un TCH han traído la necesidad de poder tener estrategias diferentes que consideren que tipo de canal asignar en una situación de tráfico específica. La función de administración de canal provee la habilidad de escoger entre diferentes estrategias de asignación de canal.

Varias características tienen un impacto en la administración de canal dentro de las que se incluyen las mediciones de canal ocioso, la asignación de canal diferencial, handover intracelular y el salto de frecuencia.

El algoritmo de asignación de canal en la función de administración de canal, selecciona y asigna un canal apropiado en cada situación de tráfico que requiere un canal. Si es posible asignar varios tipos de canal en una situación específica de tráfico, se debe definir el orden en el cual se van a preferir éstos.

El operador puede escoger entre siete estrategias de asignación predefinidas, las cuales son llamadas “perfiles de asignación de canal” (CHAP). Un CHAP es una lista de posibles situaciones de tráfico donde a cada situación de tráfico se le asigna diferentes tipos de canales en el orden de preferencia.

El operador puede escoger si los canales de tráfico sin salto de frecuencia sobre la frecuencia de BCCH están asignados como primera opción, última opción, o sin preferencia. Un canal es entonces seleccionado con respecto a interferencia y al número de frecuencias sobre las que el canal salta.

Antes de la selección y asignación del canal, una célula ha sido seleccionada por el algoritmo de localización o por el mecanismo de selección de célula en modo ocioso. Hay tres situaciones principales en las cuales un canal es asignado:

- Asignación inmediata:
Cuando una conexión va a establecerse, se debe de asignar un canal para la señalización. Dependiendo de la situación de tráfico y el CHAP escogido, el canal puede ser un SDCCH o un TCH.
- Asignación.
Después de una asignación inmediata a un SDCCH, si es necesario un canal para voz o datos, debe de asignarse un canal de tráfico.
- Handover.
Cuando un canal en uso se va a cambiar, se debe de asignar un canal nuevo para la señalización o para la voz y datos.

Para seleccionar un tipo de canal conveniente, se necesitan los siguientes datos:

- Caso de tráfico: caso de tráfico en el cual se necesita un canal.
- Subcélula preferida: la subcélula preferida, sobrepuesta o subpuesta, de acuerdo con las evaluaciones de sub-posición y sobre posición en colocación.
- Modo de canal: el modo de canal, datos y voz o señalización, para lo cual el canal va a ser usado.
- Servicio de canal: una lista de los tipos de canal y versiones de voz en orden de preferencia.
- Datos de multislot.
- El número de canales requerido, el número fijo o flexible de canales y el indicador fijo de canal a ser usado por la conexión multislot.

Hay seis tipos de canales que pueden escogerse en la célula seleccionada:

- TCH's en subcélula sobrepuesta, tasa completa, (OL/TCH/FR).
- TCH's en subcélula sobrepuesta, tasa media, (OL/TCH/HR).
- TCH's en subcélula subpuesta, tasa completa, (UL/TCH/FR).

- TCH's en subcélula subpuesta media, (UL/TCH/HR).
- SDCCH's en subcélula sobrepuesta (SDCCH/OL).
- SDCCH's en subcélula subpuesta (SDCCH/UL).

Un SDCCH puede usarse únicamente para señalización (por ejemplo, actualización de localización, instauración de llamada o SMS). Un TCH puede usarse para ambos, voz y datos o señalización.

Se soportan múltiples codificadores de voz (es decir, que mas de un codificador de voz puede presentarse en el sistema). Pueden proveerse tres tipos codificadores de voz: tasa completa, tasa media, tasa completa mejorada. El codificador de voz de tasa media ofrece un incremento en la capacidad, ya que dos canales de interfaz de aire de tasa media ocupan el mismo ancho de banda que un canal de interfaz de aire de tasa completa. El codificador de voz de tasa completa mejorada ofrece una mejora en la calidad de la voz.

El bloque de transcodificador y el adaptador de tasa (TRA) proveen soporte eficiente a codificadores de voz múltiples. Este es un recurso de bloque que contiene un número de recursos de transcodificador, por ejemplo, unidades de transcodificador de tasa completa, unidades de transcodificador de tasa completa mejorada, o unidades de transcodificador de tasa media. El propósito de la introducción de bloques TRA centralizados es proveer una solución de sistema con utilización eficiente del hardware de transcodificador instalado.

El soporte de codificadores de voz múltiples se implementa en el MS, BSC y en el MSC/VLR.

3.9.3.1 Control dinámico de potencia del MS(BTS)

Consumo de potencia de batería.

Cuando se usa el control de potencia del MS, el consumo de potencia del MS se reduce, y la recarga de batería se necesita con menos frecuencia e incrementa el tiempo máximo de voz.

Si están impedidos los medios de suministro de energía para la BTS, hay un respaldo de baterías. Además, si se usa el control de potencia de BTS el tiempo máximo posible de conversación aumenta.

La saturación del receptor.

Una señal de energía alta proveniente de las estaciones móviles (BTS's) y que están cerca de la BTS (MS's) podría saturar el receptor. Si la potencia de salida de los concernientes MS's (BTS's) se limita, se reduce el riesgo de este tipo de bloqueo de radio frecuencia. Los receptores podrían aun bloquearse si el MS y la BTS están muy cerca uno del otro pero se reduce la cantidad de tiempo de cuando esto pueda pasar.

Hay un modo inicial del algoritmo de control dinámico de potencia para manejar el problema de saturación del receptor de la BTS durante la instauración de una llamada.

Interferencia.

Cuando la estrategia para decrementar la potencia de salida de la MS (BTS) es adaptada a todos los MS's (BTS's) en la red, la cantidad total de potencia radiada se reduce. Esto implica que la interferencia de co-canal y canal adyacente en el uplink (downlink) en la red se reduzca. Esto ha mostrado que con el algoritmo de control de potencia, el número de conexiones con una razón C/I realmente baja decrece. Obviamente la razón C/I es incrementada por conexiones donde el MS y BTS están apartadas. Estas conexiones no estarán sujetas a una salida de potencia reducida, pero experimentarían una interferencia de nivel reducida.

Por otra parte, la razón C/I se decrementa para conexiones donde el MS y la BTS están cerca y cuando son objeto de una potencia de salida reducida. La reducción C/I no afecta la calidad de la voz, ya que las conexiones tienen un margen por la menor razón C/I tolerable.

Impacto de calidad.

La calidad es considerada al calcular los órdenes de potencia. La calidad es la calidad de la señal medida, *rxqual*. La mala calidad es tomada en cuenta para incrementar la salida de potencia.

Descripción técnica.

El objetivo de el algoritmo de control dinámico de potencia del MS (BTS) es ajustar la salida de potencia de los MS's (BTS's) para que la potencia de la señal recibida en la BTS (MS) decrezca si la perdida por trayectoria decrece. El rango de potencia, donde la regulación es posible, es limitado por los transmisores.

Cerca de la BTS (MS), el MS (BTS) transmite en su nivel más bajo de potencia posible. Aunque la BTS (MS) reciba una señal que exceda el valor deseado, el MS (BTS) no puede reducir la potencia transmitida aun más. De manera recíproca, lejos de la BTS (MS), el MS (BTS) transmiten en el máximo nivel de potencia permitido por la célula. La potencia no puede incrementarse aun si la potencia de la señal recibida en la BTS (MS) es débil.

Durante una llamada, la BTS (MS) mide la fuerza y calidad de la señal de uplink y downlink. Estas mediciones son enviadas a la BSC donde son usadas cuando se calcula un nuevo nivel de potencia de salida del MS (BTS).

Cuando se toma en cuenta la calidad, la salida de potencia se regula hacia arriba o abajo dependiendo de la calidad recibida y del factor de compensación de calidad.

Algoritmo.

El control dinámico de potencia de la MS (BTS) se realiza por los TCH's así como por los SDCCH's. Todos los canales sobre la frecuencia de BCCH se transmiten a la potencia total, es decir no hay control de potencia para estos canales.

El MS puede cambiar su potencia de salida cada trece tramas de TDMA. Esto equivale a ocho veces cada periodo del SAC. Cada cambio esta en pasos de 2dB. Esto significa que el máximo cambio es $(8)(2\text{dB}) = 16\text{dB}$ durante un periodo del SAC (480 ms).

La BTS puede cambiar su potencia de salida en una base de timeslot. La resolución de los pasos de potencia es de 2 dB. El cambio máximo configurable es 30 dB. Para una conexión simple el cambio máximo por un periodo de SAC es también 30 dB.

La tabla 3-7 muestra cuales tipos de mediciones se usan en el algoritmo de control dinámico de potencia del MS (BTS).

Descripción de datos	Fuente
Fuerza de la señal Uplink (downlink) conjunto completo ¹ .	BTS (MS)
Fuerza de la señal Uplink (downlink) subconjunto ¹ .	BTS (MS)
Calidad Uplink (downlink) conjunto completo ¹ .	BTS (MS)
Calidad Uplink (downlink) subconjunto ¹ .	BTS (MS)
Nivel de potencia usado por el MS (BTS).	MS(BTS)
DTX usado o no por el MS (BTS)	MS(BTS)

Tabla 3-7 Datos que son usados como base para la evaluación del control dinámico de potencia del MS (BTS).

1. Preparación de medición.
Se estiman las mediciones perdidas y se hace una decisión sobre que conjunto de medidas (conjunto completo o subconjunto de tramas¹) usar. Se hace también una decisión si la compensación para el salto de frecuencia debe usarse o no.
2. Filtrado de mediciones.
Las medidas son filtradas para eliminar variaciones de naturaleza temporal. Esto es, para asegurar que la base de decisión para el próximo nivel de potencia sea estable.
3. Cálculo de nivel de potencia.
El nivel de potencia para el MS (BTS) se calcula para que la potencia y calidad de señal deseada sea recibida en la BTS (MS). Se aplican un número de restricciones al nivel de potencia calculado.

Además, el algoritmo de control dinámico de potencia del MS puede operar de dos maneras (o fases de regulación). Las dos maneras son:

- Regulación inicial.
El algoritmo de regulación opera en este modo cuando se asigna un nuevo canal. El propósito con un modo inicial es reducir un nivel de alto potencia del MS lo más rápido posible.
- Regulación estacionaria.
Este es el modo en el que el algoritmo opera generalmente. En este modo, el algoritmo no necesita ser tan rápido como el modo inicial. En ganancia, se obtiene un comportamiento más estable.

Regulación inicial (sólo en MS).

En asignación inmediata y en handover, el algoritmo de control de potencia se reinicia. Es posible que la potencia de la señal recibida en la BTS sea realmente alta en ese momento, especialmente cuando el MS está localizado cerca de la BTS. Esta potencia de señal alta puede bloquear la BTS o reducir su sensibilidad. La calidad de otras llamadas a las que se les esta dando el servicio en ese momento por el mismo receptor en la BTS podría afectarse. Por lo tanto es importante que el MS reduzca su potencia de salida tan rápidamente como sea posible.

En el modo inicial, sólo se lleva a cabo una regulación baja. La calidad no se toma en cuenta durante la fase inicial.

Regulación estacionaria (MS y BTS).

La figura 3-30 muestra esquemáticamente como la potencia de la señal recibida en la BTS (MS) varía con la pérdida por trayectoria entre el MS y la BTS y como el comportamiento es afectado por los parámetros controlados.

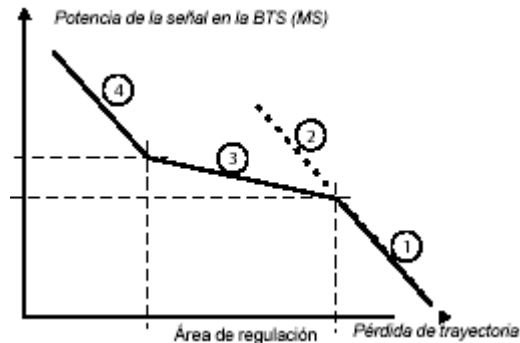


Figura 3-30 Potencia de la señal recibida contra la pérdida por trayectoria cuando la calidad se toma en cuenta.

Cada elemento de la gráfica se explica a continuación:

- ❶ La pérdida por trayectoria es más grande y la MS (BTS) transmite a su máxima potencia.
 - ❷ Con el control de potencia desactivado, la potencia de la señal recibida incrementa así como la pérdida por trayectoria decrece. La potencia incrementa linealmente (en unidades de dB) así como la pérdida decrece.
 - ❸ Con el control de potencia activado, se ajusta la potencia del MS (BTS).
 - ❹ El MS (BTS) transmite en su salida de potencia mínima.
- Niveles de potencia con margen extra.

En tres casos diferentes de tráfico, el nivel de potencia ordenado se incrementa siempre por un margen de potencia en:

- Asignación del TCH.
 - Falla de asignación y falla de handover.
 - Handover intracelular y cambio de subcélula.
- Handover intracelular (control de potencia de BTS).

Además a esto puede habilitarse una ayuda de potencia de handover lo que significa que la orden de handover se envía por la BSC/BTS al MS en la potencia más alta posible.

3.9.3.2 Transmisión discontinua DTX.

La transmisión discontinua es un mecanismo que permite apagar el radio transmisor durante las pausas de voz. En una conversación normal, esto lleva a disminuir el tiempo de transmisión hasta un 50 %.

La DTX está disponible para transmisión de voz así como para transmisión de datos no transparentes. No es usada en la portadora del BCCH. La DTX está disponible por célula.

Las funciones primarias de la DTX en el uplink y downlink son:

- Uplink.
 - resguardar la batería de la estación móvil.
 - reducir la interferencia en el sistema.
- Downlink.
 - disminuir el consumo de potencia de la BTS, especialmente durante periodos cuando la BTS esta operando con batería debido a un mal funcionamiento en el suministro de energía.
 - reducir la interferencia en el sistema.
 - reducir los productos de intermodulación.

Cuando se usa la DTX de downlink en conjunción con la DTX de uplink, la razón C/I en el sistema mejora. La mejora puede utilizarse para una planeación de célula compacta, especialmente cuando se usa salto de frecuencia, permitiendo así una capacidad más grande.

Cuando es enviado algo se hace en el nivel de potencia apropiado, consecuentemente, la potencia de la señal recibida no es afectada. Esta es la razón para la mejora en la razón C/I en el sistema cuando se usa la DTX.

Las mediciones de la potencia y calidad de la señal en la conexión establecida se realizan por el móvil y por la estación base. Cuando se esta usando la DTX, estas mediciones no pueden realizarse tan frecuentemente como normalmente se realizan. Esta desventaja resulta en reportes de medición menos precisos con respecto a otros algoritmos, por ejemplo el de localización y regulación de potencia.

Otra desventaja de la DTX es que la calidad de sonidos como la “p”, “t” y “k” pueden disminuirse un poco debido a la lentitud en el detector de actividad de voz (VAD).

Descripción técnica.

El VAD en el transmisor, BTS o MS, detecta si la trama de tráfico consiste de voz, datos no transparentes o ruido de fondo. Si la trama consiste sólo de ruido, el transmisor manda una trama de descriptor de silencio (SID) y entonces se para la transmisión. Después de esto una trama nueva SID se envía cada periodo de SAC hasta que se detecta de nuevo voz o datos no transparentes. Los reportes de medición se envían de manera usual sobre el SACCH. Una trama SID contiene información acerca del ruido de fondo en el ambiente de transmisión.

En el receptor, MS o BTS, un detector de trama SID verifica todas las tramas entrantes. El detector puede separar las tramas SID de las tramas de voz o de datos no transparentes. Cuando se detecta una trama SID, las características del ruido de fondo se actualizan y se genera éste. La generación del ruido se detiene cuando se detecta una trama de voz.

Las tramas SID se envían por tres razones:

- Actualizar las características del ruido de confortación del lado de recepción.
- Habilitar las mediciones de potencia y calidad de señal.
- Evitar la distorsión de encendido y apagado.

El VAD debe de estar operando todo el tiempo para evaluar si la señal de entrada contiene o no voz o datos no transparentes.

El MS y la BTS envían información en el reporte-resultado de medición (cada 480 ms) diciendo si ha usado la DTX o no algún tiempo durante el intervalo previo de SADCCCH.

Las funciones influenciadas.

Cuando se usa la DTX, las mediciones de la potencia de la señal, calidad de la señal y alineación de tiempo son menos precisas. Por lo tanto, son afectadas las funciones que usan estas mediciones, por ejemplo, el control de potencia dinámico de la BTS y el MS, y la localización. Las funciones que son una parte integrada de la función de localización también son afectadas. Estas funciones son el compartimiento de carga, la asignación a otra célula, las estructuras de célula jerárquicas, subcélulas sobrepuestas y subpuestas y la desconexión de llamada.

3.9.3.3 Salto de frecuencia.

Diversidad de frecuencia.

El salto de frecuencia puede reducir la influencia de las variaciones de la potencia de la señal causadas por la pérdida Rayleigh. Este efecto es llamado diversidad de frecuencia.

La pérdida por Rayleigh es dependiente de la frecuencia. Esto implica que las pendientes de pérdida aparecen en diferentes localizaciones para las diferentes frecuencias. Por lo tanto un móvil que utiliza salto de frecuencia no permanece en una pendiente de pérdida por un tiempo mas largo que el de una sola ráfaga. Por consiguiente, las variaciones de la potencia de la señal son abatidas en piezas de duración suficientemente corta para la interpolación y proceso de codificación de canal para corregir errores. El salto de frecuencia hace que la mayoría de las caídas de pérdida parezcan más superficiales.

Los móviles en movimiento obtienen el mismo tipo de mejora como la de diversidad de frecuencia, solamente por su velocidad, ya que el radio ambiente puede fácilmente cambiar entre ráfagas. La diversidad de frecuencia de esta manera da sólo una mejora extra menor para los móviles en movimiento.

El salto de frecuencia cíclico otorga un mejor desempeño con diversidad de frecuencia que el salto de frecuencia aleatorio.

Promedio de interferencia.

El salto de frecuencia puede abatir la interferencia persistente en ocasiones periódicas de interferencia en una ráfaga. El margen de planeación de célula contra situaciones de condiciones de radio malas puede disminuirse de esta manera, así la probabilidad de encontrarse estas condiciones disminuye.

El cambio la frecuencia en cada ráfaga ofrece una manera de mejorar las situaciones de interferencia mencionadas previamente. La interferencia de co-canal cambiará en cada ráfaga, lo cual es benéfico para la conexión, que de otra manera podrían sufrir una interferencia severa durante la conexión entera. Igualmente, la interferencia que una conexión le causa a otra se difunde sobre un número de conexiones en ráfagas simples. El efecto recibe el nombre de promedio de interferencia.

Ocasionalmente hay colisiones de frecuencia que causan fuerte interferencia pero de duración corta (una ráfaga). Además, la codificación y la intercalación dan oportunidad para tratar con la situación. Entre más frecuencias son usadas en el salto de frecuencia, más raras serán las colisiones en estas frecuencias.

El salto de frecuencia reduce el efecto de otros tipos de interferencia que incluyen: la de co-canal, la de canal adyacente y productos de intermodulación.

El radio ambiente (en términos de interferencia) será más uniforme, y el margen de planeación de célula se puede disminuir. El desempeño del promedio de interferencia es dependiente del modo de salto de frecuencia: cíclico o aleatorio. La mejora más grande se obtiene cuando las conexiones interferidas usan secuencias de salto que son independientes unas de otras (es decir secuencias no correlacionadas). A la menor correlación, se da el más alto promedio de ganancia. Si la conexión interferida y la que interfiere usan salto de frecuencia cíclico y además las mismas frecuencias, estas pueden resultar estar en fase con alguna otra. Las dos conexiones entonces saltan entre las frecuencias juntas, y la interferencia de co-canal persiste como si no hubiera salto de frecuencia. El efecto es referido como una correlación total, y la mejora resultante es muy pequeña.

En un sistema totalmente cargado, todas las conexiones causantes de interferencia se están transmitiendo simultáneamente y consecuentemente interfiriendo. Incluso en este caso, el salto de frecuencia aleatorio muestra una ganancia de desempeño. Sin embargo, un requerimiento es que las células de co-canal usen diferentes (independientes) secuencias de salto.

Desde el punto de vista del suscriptor, el salto de frecuencia provee mejora en la calidad de la voz. Desde el punto de vista del operador, los beneficios son:

- Un ambiente de radio más predecible y confiable.
- Una posibilidad de dar a los suscriptores una calidad de voz más uniforme.
- Una posibilidad de disminuir el margen de planeación de célula, lo cual podría ser usado para emplear un reuso de frecuencia más compacto produciendo un incremento en la capacidad.

Los efectos incrementan con el número de frecuencias usado por el salto, pero los beneficios relativos agregando aun otra frecuencia disminuyen.

Descripción técnica.

El salto de frecuencia en las estaciones base puede ser implementado de una o dos formas: salto de banda base o salto de sintetizador. Cada uno tiene sus ventajas y sus desventajas. La característica de salto de frecuencia puede ser encendida o apagada para cada grupo de canal de forma separada.

El canal BCCH no puede saltar nunca, ya que es un canal de voice, los TCH's y SDCCH's, sin embargo, pueden saltar.

Salto de banda base.

Durante el salto de banda base, cada transmisor opera una frecuencia fija. Durante la transmisión. Todas las ráfagas, independientemente de a cual conexión pertenezcan, son ruteadas desde el TRX a el transmisor de su propia frecuencia, figura 3-31.

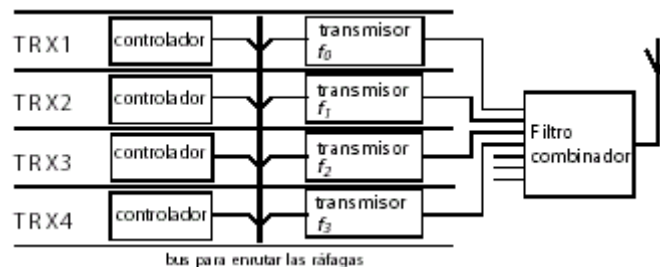


Figura 13-31 Ruteo de las ráfagas desde los TRX hasta el transmisor en el salto de frecuencia de banda base

La ventaja de este modo es que se pueden usar combinadores de filtro sintonizables de banda angosta. Estos combinadores tienen hasta dieciséis entradas. Estas hacen posible muchas frecuencias en el grupo de salto sin tener que conectar varios combinadores en cascada.

La desventaja es que no es posible usar un número más grande de frecuencias del número transmisores que hay.

Salto de sintetizador.

El salto de sintetizador significa que un transmisor maneja todas las ráfagas que pertenecen a una conexión específica. Las ráfagas son enviadas directamente y no ruteadas por el bus. El transmisor sintoniza a la frecuencia correcta de transmisión de cada ráfaga, esto se muestra en la figura.3-32.

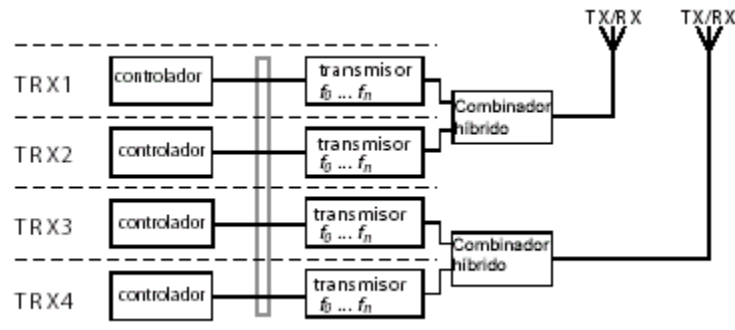


Figura 3-32 Envío de ráfagas desde los TRX a los transmisores en el salto de sintetizador.

La ventaja es que el número de frecuencias que pueden ser usadas para el salto no es dependiente del número de transmisores.

La desventaja es que se deben de usar combinadores híbridos de banda ancha. Este tipo de combinadores tienen pérdida de inserción de aproximadamente 3dB, haciendo que más de dos combinadores en cascada impráctica.

Algoritmo.

Salto de frecuencia cíclico.

En un salto cíclico, las frecuencias son usadas en orden consecutivo, por ejemplo, la secuencia de frecuencias para un salto cíclico entre cuatro frecuencias puede verse como esto:

$$\dots, f_4, f_1, f_2, f_3, f_4, f_1, f_2, f_3, f_4, f_1, f_2, \dots$$

Hay sólo un ciclo de secuencia definido en las especificaciones de GSM. La secuencia de frecuencias va desde el número más bajo de frecuencia absoluto (en el grupo de frecuencias especificadas para ese grupo de canal) al más alto y así sucesivamente.

Salto de frecuencia aleatorio.

La secuencia del salto aleatorio está implementada como un secuencia seudo aleatoria. La secuencia es almacenada en una tabla de referencia tanto en el móvil como en la estación base. Se definen sesenta y tres secuencias independientes. La secuencia a usarse de las sesenta y tres es especificada por el parámetro de *número de secuencia de salto* (HNS). El algoritmo para seleccionar la frecuencia para cada ráfaga permite saltos sobre hasta 64 frecuencias. La

frecuencia usada en cada instante se obtiene por un módulo de operación con las frecuencias disponibles.

Cuando se usa el salto aleatorio, las frecuencias son usadas (seudo) aleatoriamente. Una frecuencia de salto para cuatro frecuencias puede mirarse como esto:

$$\dots, f_1, f_4, f_4, f_3, f_1, f_2, f_4, f_1, f_3, f_3, f_2, \dots$$

El periodo para una secuencia aleatoria es de seis minutos.

Cuando se usan varios TRX's en un grupo de salto, éstos saltan usando la misma secuencia de salto, pero las frecuencias usadas por los TRX's deben por supuesto ser diferentes en cada momento. Esto es realizado por un índice de corrimiento, MAIO, que puede ser colocado manualmente en un valor óptimo.

3.9.3.4 Manejo de MAIO (índice de desplazamiento de localización del móvil).

La función de la administración del MAIO provee un mejor control sobre el salto de frecuencia sintetizado para minimizar la interferencia de canal dentro de un sitio.

La administración del MAIO provee un mejor control sobre el salto de frecuencia sintetizado para evitar interferencia de canal adyacente en células co-sitio. Esto es benéfico en una red con reuso de frecuencia compacto tal como 1/1 y 1/3. Sólo incrementa el control sobre la interferencia entre células si las células están sincronizadas, es decir, las células dentro de un sitio que usen un grupo de transreceptores (TG).

La administración MAIO introduce la posibilidad de colocar una lista MAIO manualmente para cada CHGR. La función permite al operador controlar que valores de MAIO serán colocados en los grupos de salto (HG's) dentro un CHGR. Esto puede ser realizado ya sea definiendo explícitamente una lista manual MAIO o especificando que orden por defecto va a ser usado.

El índice de desplazamiento de colocación del móvil (MAIO) es un conjunto de desplazamiento de frecuencia para todos los canales físicos básicos (BPC's). La función de administración MAIO otorga la capacidad de definir una lista manual MAIO. La planeación de MAIO previene interferencia de canal adyacente dentro de una célula así como la interferencia de co-canal e interferencia de canal adyacente en células de co-sitio cuando se usa el salto de frecuencia sintetizado.

En un reuso de frecuencia compacto tal como 1/1 (el cual significa que las frecuencias de salto HF's son idénticas para todas las células), las células en un sitio (si hay mas de una célula en un sitio) pueden prevenirse del envío en la misma frecuencia al mismo tiempo usando diferentes valores en las listas del MAIO de células. Esto, sin embargo, requiere que todos los transreceptores dentro del sitio estén sincronizados y las secuencias de frecuencias de salto (HFS's) contengan igual número de frecuencias. La sincronización puede realizarse si todos los transreceptores pertenecen al mismo grupo (TG) o si los TG's están sincronizados. Usando el mismo HSN para todos los CHGR's juntos con colocación manual del MAIO la interferencia dentro de un sitio puede minimizarse.

Algoritmo.

En el salto de frecuencia los valores del MAIO se usan (junto con el HSN y el corriente FN), para señalar las frecuencias a ser usadas del HFS en un instante dado. La formula usada para esto es:

Apuntador = (MAIO+FN) modulo(número de frecuencias en HFS)

Para salto seudo aleatorio, el FN es reemplazado con un valor seudo aleatorio de salto:

Apuntador = (MAIO + valor aleatorio) modulo(número de frecuencias en HFS)

Esto significa que el orden en el cual las frecuencias de los BPC's están cambiando entre cada trama de TDMA está decidido por el HSN pero con un desplazamiento decidido por los valores del MAIO.

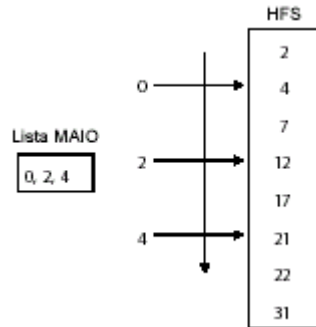


Figura 3-33 Los valores del MAIO se usan para apuntar que frecuencia será usada en un instante dado .

Cuando un CHGR está definido usará ya sea la lista predeterminada de MAIO o la lista definida por el operador. Una lista de MAIO contiene los valores de MAIO (por ejemplo 2, 5, 8) y son asignados automáticamente a los BPC's dentro de cada HG en la configuración inicial de CHGR's. No se permite tener valores iguales dentro de una lista de MAIO.

Lista de MAIO predeterminada:

El número del valor del MAIO en la lista predeterminada es el mismo que el número de frecuencias en el HFS. Los valores se extienden desde 0 hasta uno menos que el número de frecuencias en el HFS. Por ejemplo, si hay 15 frecuencias en el HFS, la lista de MAIO contiene los valores 0 a 14.

El orden de los valores del MAIO en la lista predeterminada son ordenados primero los pares y después los impares. Esto significa que el comienzo de la lista consistirá de todos los valores MAIO pares en orden ascendente. Después de los valores pares todos los valores impares son ordenados en forma ascendente. Por ejemplo un HG con HFS que contiene 7 frecuencias la lista predeterminada será 0, 2, 4, 6, 1, 3, 5.

Los valores actuales que son usados por un CHGR depende de el número de TRXs para éste. Si por ejemplo tres TRX's se usan para un CHGR, sólo los primeros tres valores en la lista de MAIO serán usados. Con 7 frecuencias en el HFS (como en el ejemplo previo), los valores de MAIO predeterminados serían 0, 2, 4. Los valores restantes, es decir, 6, 1, 3, 5, no serán usados a menos que un TRX adicional sea agregado.

Lista de MAIO manual:

Una lista de MAIO manual para un CHGR puede crearse especificando hasta 16 valores para el parámetro MAIO.

Si la lista manual de MAIO es demasiado corta (es decir, la longitud de la lista de MAIO es menor que el número de TRX's para el CHGR), entonces se agregarán al final de la lista valores de MAIO aleatorios. Este proceso se hará más aleatorio tanto como sea razonable aunque minimizando el riesgo de tener MAIO's consecutivos en la lista. Esto significa que en la instalación de un TRX adicional para una célula, serán colocados valores adicionales de MAIO.

Si hay un valor inválido de MAIO (un valor que es igual a o mayor que el número de frecuencias en el HFS) en la lista manual, éste será saltado a favor del siguiente valor en la lista. Esto significa que cualquier valor inválido de MAIO que sea especificado por el operador, no son colocados y un valor de MAIO aleatorio será colocado para el último canal físico básico (BPC).

3.9.3.5 Handover intracelular.

El handover intracelular provee la capacidad de mejorar la calidad de la voz durante la conversación. Esto se hace cambiando el canal cuando hay calidad empobrecida en el uplink o downlink, aunque la potencia de la señal sea alta.

Una limitación en la función es la imposibilidad para separar la interferencia temporal de dispersión de tiempo. En el caso de dispersión de tiempo, es inútil cambiar de canal dentro de la misma célula, sin embargo, un cambio de célula podría resolver el problema.

Puede ocurrir un gran número de handovers innecesarios entre canales en la misma célula, por ejemplo en presencia de la dispersión de tiempo. Para prevenir esto, hay un límite de cuantos handovers intracelulares consecutivos son permitidos. Si el número de handovers intracelulares ha excedido este límite, tiene que pasar un cierto tiempo antes de que se intente otro handover intracelular.

Descripción técnica.

Un valor alto en el parámetro “calidad recibida” corresponde a una tasa de bit de error alta. La tabla de FQSS (función de calidad contra potencia de señal) define el máximo valor aceptable del parámetro “calidad recibida”. Si, en una potencia de señal recibida específica, el parámetro de calidad recibida excede este valor definido, entonces se requiere un handover intracelular.

3.9.3.6 Asignación a otra célula.

La característica de asignación a otra célula opera en la instauración de la célula, durante el cual será asignado un canal de tráfico (TCH). Como se describió previamente, la función hace posible seleccionar un TCH en otra célula, diferente de aquella que está dando servicio a la conexión. El resultado, en términos del efecto en la red entera, depende de las condiciones de radio en la célula designada. La célula designada puede estar mejor o peor clasificada en las evaluaciones de localización que la célula que está dando el servicio.

- **Mejor célula.**
Cuando las evaluaciones de localización empiezan en una etapa temprana en el proceso de instauración de la llamada, la evaluación de localización puede encontrar células con mejores niveles de señal que la célula en servicio. Para prevenir handovers innecesarios y también para mejorar el ambiente de interferencia general, la asignación puede remitirse a la célula con mejores condiciones.
- **Peor célula.**
Si un móvil no puede conectarse a la célula seleccionada debido a congestión o si la función de localización detecta una condición de urgencia durante la instauración de llamada, puede recomendarse la asignación a células con menor potencia de señal que la célula que está dando el servicio. La probabilidad para una llamada de conseguir una conexión suficientemente buena con la red se incrementa.

Descripción técnica.

Cuando una llamada va a ser establecida, el algoritmo de selección de célula en modo ocioso en el móvil, selecciona una célula y se asigna un SDCCH (o un TCH en el caso cuando se usa asignación inmediata en un TCH). En algunas ocasiones podría ser mejor asignar un canal en otra célula que en la que está actualmente dando el servicio a la conexión. En otras ocasiones esto podría ser la única posibilidad de tener éxito en la instauración de la llamada.

3.9.3.7 Subcélulas de sobrecapa y subcapa.

Capacidad incrementada de tráfico:

Las función de subcélulas sobrepuesta y subpuesta provee una forma para incrementar la capacidad de tráfico en una red celular sin la construcción de nuevos sitios. La función hace posible usar dos patrones de reuso de frecuencia: un patrón para las subcélulas sobrepuestas y otro para las subcélulas subpuestas. Las frecuencias disponibles se dividen entre las subcélulas sobrepuestas y subpuestas. Cada subcélula sobrepuesta da servicio a un área más pequeña que la correspondiente a la de la subcélula subpuesta y la distancia de frecuencia de reuso para las subcélulas puede por lo tanto ser más corta. Consecuentemente, el número de frecuencias por célula puede ser incrementado proveyendo un incremento en la capacidad de tráfico en la red celular.

La figura 3-34 muestra un ejemplo de estructura de subcélula sobrepuesta y subpuesta. dos frecuencias diferentes están indicadas: f_o en las subcélulas sobrepuestas y f_u en las subcélulas subpuestas.

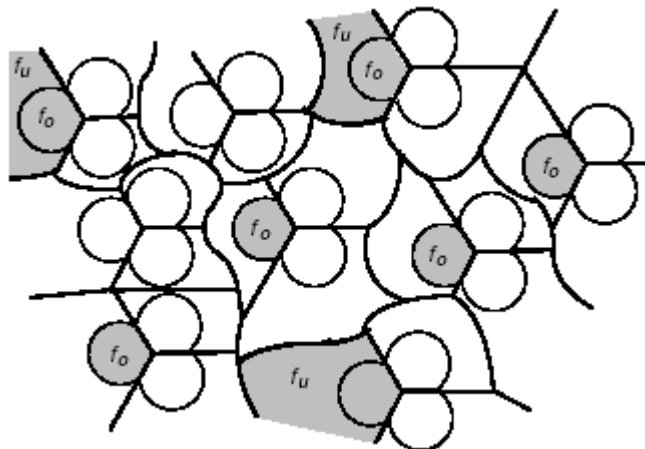


Figura 3-33 Subcélulas sobrepuestas y subpuestas.

Un incremento local de la capacidad.

Otra situación donde esta función puede ser usada es cuando se requiere un incremento de la capacidad de tráfico local en una red celular existente y no hay más frecuencias disponibles. Agregando una subcélula sobrepuesta se puede realizar un incremento en la capacidad sin construir un nuevo sitio. Como una subcélula sobrepuesta esta restringida en tamaño, es posible reusar frecuencias que de otra manera no sería permitido usarse en esta localización de acuerdo al plan de frecuencias existente.

3.9.3.8 Estructuras de célula jerárquicas

La función de estructuras de célula jerárquicas provee la capacidad de dividir la red celular dentro de ocho capas. Las capas están distribuidas en orden ascendente hasta ocho bandas de HCS. Las capas más altas puede usarse para células grandes y las capas más bajas para las células más pequeñas. Un ejemplo es cuando células grandes son agregadas a una red celular pequeña para proveer cobertura en los huecos donde no la hay. Las células grandes actúan entonces como células sombrilla para las células normales. Otro ejemplo es cuando se agregan las microcélulas a una red celular normal para proveer capacidad extra. Las células normales entonces actúan como células sombrilla para las microcélulas. La función de estructuras de célula jerárquicas hace posible pasar entre las capas de célula de una manera controlada que facilita el dimensionamiento y planeación de célula en las estructuras donde células pequeñas y grandes están combinadas. Se puede conseguir suficiente calidad, aunque no es siempre la mejor célula la usada como la célula de servicio.

La capa puede también ser vista como una designación de prioridades con la capa más baja como la prioridad más alta. Esto implica que la función de estructuras de célula jerárquicas puede tener otros usos además del descrito anteriormente, por ejemplo puede usarse si hay necesidad de priorizar cierto tipo de células, independientemente de su tamaño. Un ejemplo son las redes de banda dual donde las células en la banda de 1800 MHz se combinan con las células en la banda de 900 Mhz. Los móviles de banda sencilla de 900 MHz no pueden acceder a las células de 1800 MHz. Así, los móviles de banda dual deben, si es posible, seleccionar células en la banda de 1800 MHz para no crear una congestión innecesaria en la banda de 900 MHz. Esto puede lograrse asignando una prioridad más alta a las células de 1800 MHz.

En la figura 3.-34 está un ejemplo de cómo es posible distribuir diferentes tipos de células en capas y bandas.

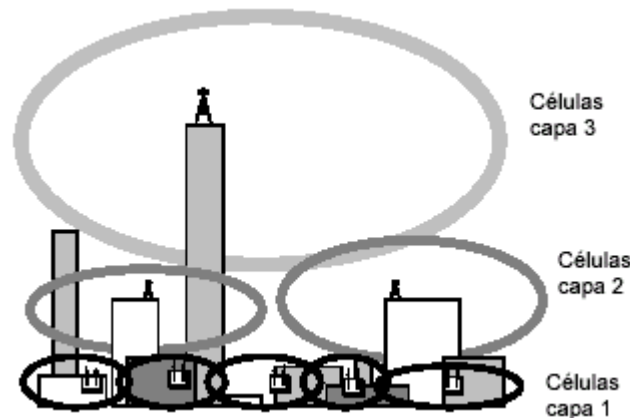


Figura 3-34 Estructura celular en capas.

La función de estructuras de célula jerárquicas toma en consideración el criterio de ordinario colocación así como la prioridad de las capas. La colocación sabe a cual capa pertenece cada célula. Esta información se toma en cuenta cuando son clasificadas el número de las candidatas de handover.

La idea general para la asignación de móviles, usando la función de estructuras de células jerárquicas es tratar de asignarlos a las células dentro de la capa mas baja. El objetivo de las células de capas más altas (capas 2 y 3) es:

- Cuidar los huecos de radio cobertura – un handover a una célula de capa más alta es realizado si la potencia de la señal cae debajo del umbral permitido.

- Proveer reserva de capacidad –una célula de capa más alta se puede escoger si hay congestión en las células de capa más baja, una célula de capa más alta aun peor que la célula en servicio puede escogerse si la asignación a peor célula esta permitida.
- Servir como rescate para radio disturbios – un handover a una célula de capa más alta puede ser realizado en una urgencia por mala calidad.

Descripción técnica.

Existen dos umbrales de potencia de señal que deciden si la potencia de señal es suficiente para la célula que va a tener prioridad. El umbral de la capa decide si la célula debe de tener prioridad encima de las células más fuertes de la misma banda de HCS.

Algoritmo.

La evaluación de HCS reacomoda la lista de clasificación de acuerdo a las reglas de prioridad que son diferentes entre las capas en la misma banda comparada con las capas de bandas diferentes. A lo sumo un candidato de cada capa se pone en la parte superior de la lista. Para tener prioridad una célula debe estar clasificada como la más alta en su banda de HCS o si ésta pertenece a otra capa que la célula clasificada como más alta en la banda, debe estar por encima de su umbral de capa.

Manejo de los móviles con movimientos rápidos.

Una manera de prevenir a los móviles con movimientos rápidos del desempeño de handover a células de capa más baja, es usar una multa temporal de potencia de señal. La primera vez que una célula se reporta como vecina en el mensaje de resultados de medición, esta célula es penalizada por un cierto intervalo de tiempo.

Esta penalización sólo aplica si la célula vecina pertenece a una capa menor que la célula en servicio. De aquí que sólo las células de las capas 1 y 2 pueden ser penalizadas.

Abandono de células de capa más baja.

Hay situaciones cuando un móvil de movimiento rápido, no obstante el corrimiento de potencia de señal temporal, puede obtener servicio de una célula de capa más baja. Este podría ser por ejemplo un móvil que realiza la señalización de instauración de llamada en una célula de la capa 1, y por lo tanto, conseguirse quedar en una capa más baja; o puede ser también un móvil rápido el cual tiene multas temporales que <hayan expirado. Para estas situaciones, hay un mecanismo para dirigir la llamada hasta una célula de capa más alta. El mecanismo está basado en la suposición de que un móvil en movimiento rápido realiza un gran número de handovers, comparado con un móvil que no esta considerado como rápido. La tasa de handover para cada móvil es verificado continuamente. Si en número de handovers intercelulares durante los últimos segundos excede una cierta cantidad, el móvil se considera como rápido, y se realiza un handover a la célula más potente; la cual se encuentra entre aquellas candidatas que pertenecen a la capa más alta. El contador de handover se reinicia entonces a cero. La multa de potencia de señal temporal prevendrá al móvil de realizar un regreso de handover inmediato a la capa más baja.

3.9.3.9 Asignación inmediata sobre un canal de tráfico.

La función de asignación inmediata a un canal de tráfico TCH toma a consideración la situación de tráfico para la cual el canal es necesario. Para conexiones de voz y datos, el operador puede escoger entre tres estrategias generales:

- La asignación sobre un canal de tráfico no está permitida.
- La asignación sobre un canal de tráfico como última preferencia

Un TCH sólo puede ser asignado en una asignación inmediata cuando no están disponibles SDCCH's en modo ocioso. El dimensionamiento de los SDCCH's se hace menos crítico y el número de SDCCH's puede reducirse a favor de más TCH's. Resultando en un incremento de la capacidad.

- Asignación inmediata sobre un TCH como primera preferencia.

Un TCH es asignado como una primera preferencia en una asignación inmediata. Un SDCCH sólo puede ser asignado en una asignación inmediata si no hay disponibles TCH's en modo ocioso. El número de SDCCH's puede reducirse a favor de más TCH's. Sin embargo, la carga sobre los TCH's se incrementa.

Para las conexiones de la señalización, la estrategia es siempre asignar un SDCCH, independiente de la estrategia seleccionada para las conexiones de voz y datos. Sin embargo, no siempre es posible seguir esta estrategia si una estrategia "de primero TCH" se ha seleccionado para las conexiones de voz y datos. En general, un TCH nunca se asigna con la estrategia de asignación inmediata si el BSC tiene suficiente información para determinar que la conexión es del tipo que requiere un SDCCH como canal portador (por ejemplo actualización de localización y SMS).

En los casos cuando no se tiene la información suficiente, el resultado (un TCH o un SDCCH asignado) depende de los detalles del caso. En cierto grado, esto puede controlarse también por el operador.

Descripción técnica.

Cuando una conexión es establecida, debe asignarse un canal de la señalización para el procedimiento de instauración de llamada. La señalización de instauración de llamada se realiza por los procedimientos de asignación inmediata y asignación. La función de la asignación inmediata sobre un TCH permite portar la señalización por un TCH o por un SDCCH:

- Asignación inmediata sobre un SDCCH

Un SDCCH es asignado en asignación inmediata Si es necesario un canal para señalización, la conexión permanece asignada en el SDCCH. Si un canal para voz o para datos es necesario, se asigna un TCH..

- Asignación inmediata sobre un TCH

Un TCH es asignado en asignación inmediata. Si un canal para voz o datos es necesario, la conexión cambia el modo de canal en asignación, pero permanece en el TCH asignado. Si es necesario un canal para señalización la conexión también permanece en el TCH asignado. Sin embargo, el tráfico de señalización es portado por la parte de SDCCH (SMS) o la parte de FAC. (actualización de localización, servicios suplementarios y desligue de IMSI).

En una asignación inmediata, el móvil envía un mensaje de requerimiento de canal a la BTS. El mensaje contiene el elemento de información "causa de establecimiento". Entre otras cosas, la causa del establecimiento da una indicación si se necesita un canal para la señalización o voz y datos. La decisión de asignar un SDCCH o un TCH en asignación inmediata se basa en esta información. Se introducen canales de media tasa y son usualmente asignados primero si el MS ha indicado capacidad de tasa dual.

3.9.3.10 Lista de asignación de BCCH doble.

Un móvil en modo ocioso continuamente mide la potencia de la señal recibida de las portadoras de BCCH en la célula en servicio y las células vecinas. Los resultados de estas mediciones son usados para seleccionar a la mejor célula para alojarse en ella.

En modo activo, el MS mide la potencia de la señal y la tasa de bit de error de la célula que le da el servicio, así como la potencia de la señal de los BCCH's de las células vecinas. Los resultados de medición son usados en la localización y el control de potencia de la BTS.

La función "lista de BA doble" provee al MS con frecuencias, con medidas satisfactorias, para ambos modos el ocioso y el activo. La lista de BA de modo ocioso es enviada al MS en mensajes de información del sistema en el BCCH, y la lista de BA de modo activo es enviado sobre el SACCH.

La característica de la lista BA doble se implementa en la BSC.

Mejor precisión de medición.

Un MS en modo activo tiene un cierto periodo de tiempo para realizar mediciones de potencia de señal. Con un número pequeño de frecuencias para medir, se pueden tomar más muestras para cada frecuencia. Esto lleva a una precisión estadística más alta en el valor medio calculado. Así mejores reportes de medición optimizan el resultado de localización.

Conexión mas rápida en el encendido.

Si el MS tiene la opción para guardar la lista de BA de modo ocioso cuando es apagado, puede buscar las ultimas portadoras de BCCH conocidas cuando es encendido. Si ninguna lista de BA está almacenada, el MS rastrea la banda de frecuencia entera y ordena las frecuencias en orden descendiente de potencia de señal. El MS sintoniza al canal más potente de los canales de RF y determina si la portadora de BCCH está permitida, los mensajes de información del sistema pueden ser decodificados y puede usarse la lista de BA de modo ocioso para esta célula. Si los mensajes de información del sistema no pueden ser decodificados, el MS busca las portadoras en orden descendiente de señal de potencia para encontrar una portadora de BCCH apropiada.

3.9.3.11 Mediciones de canal ocioso

A través del uso de las mediciones de canal ocioso la calidad general de las conexiones de radio en la red pueden mejorarse. Para cada asignación de canal, la función de administración de canal puede usar la información de las mediciones de canal ocioso para seleccionar el canal más apropiado.

Las mediciones de canal ocioso asignan cada canal ocioso a una de las cinco bandas de interferencia, que juntas cubren el rango de medición de potencia de señal. Los rangos de banda de interferencia determina la resolución de las mediciones. Las bandas de interferencia pueden ser cambiadas de sus rangos predefinidos uno por célula, para que la resolución pueda ajustarse al desempeño óptimo de la función, por ejemplo, en las micro células el nivel de interferencia tolerable puede ser significativamente más alto que en las áreas rurales, ya que la potencia de la señal de la portadora en general será más alta. Por lo tanto, puede ser benéfico cambiar las bandas de interferencia para que se tenga una mejor resolución en los niveles de interferencia que pueden ser considerados como críticos para cada célula.

La medición del canal ocioso puede ser activada y desactivada en la célula. También es posible, tener por célula las mediciones activas pero no usadas para la asignación de canal. En este caso, las mediciones de canal ocioso son usadas sólo para estadísticas. Las estadísticas muestran (por célula) el número de canales en una banda de interferencia.

Hay que notar como las mediciones son realizadas por canal, la información acerca de la interferencia en una frecuencia específica no es recuperable cuando se usa salto de frecuencia.

Descripción técnica.

Las mediciones de canal ocioso están activadas en una célula, es decir las mediciones de la potencia de señal de uplink son realizadas continuamente en la BTS sobre todos los canales ociosos. Las mediciones se hacen sobre los TCH's y SDCCH's de la misma manera las mediciones de potencia de señal se realizan en canales activos. Los canales son entonces clasificados en orden de incremento de interferencia. Dependiendo de la potencia de señal medida, cada canal es colocado en una de las cinco bandas de interferencia.

En la asignación de canal, la administración de canal puede usar la clasificación de los canales dentro de las bandas de interferencia como información útil al seleccionar un canal.

Algoritmo.

Cuando un canal es desbloqueado, es inicialmente colocado en una banda de interferencia que corresponde la interferencia más baja medida. La BTS realiza mediciones de potencia de señal de uplink todo el tiempo que el canal este ocioso. Después del desbloqueo del canal, la BTS pasados dos periodos de SAC, envía un reporte sobre la interferencia de uplink medida,. Después de esto, la BTS sólo reporta a la BSC si la banda de interferencia para un canal ocioso ha cambiado. El canal es entonces movido a la banda de interferencia apropiada en la BSC.

Para determinar el valor para la interferencia en un canal, la BTS toma el promedio de las mediciones sobre un número de periodos de SACCH. Esto se hace una vez cada periodo de SACCH, y el número de periodos de SACCH a promediar se determina por un parámetro llamado INTAVE.

Bandas de interferencia.

Las cinco bandas de interferencia están definidas por cada célula. Las bandas de interferencia son disyuntivas y juntas cubren valores en unidades de RXLEV de 0 hasta 63.

Las bandas de interferencia pueden cambiarse a través de cuatro parámetros LIMIT1 a LIMIT4. Estos parámetros definen el límite superior de las cuatro bandas de interferencia más baja. La primera banda de interferencia siempre comienza de 0 y rangos hasta LIMIT1. La segunda banda de banda de interferencia de LIMIT1+1 hasta LIMIT2, etc. La quinta banda de interferencia de LIMIT4+1 hasta 63. Cabe mencionar que los valores de los parámetros deben ascender como sigue: $LIMIT1 < LIMIT2 < LIMIT3 < LIMIT4 < 63$

Liberación de canal.

En la liberación normal, el canal se coloca en la misma banda de la interferencia que se tomó en la asignación del canal. Sin embargo, en la liberación anormal, el canal se coloca en la banda de interferencia inmediata por encima de aquella de la que fue tomado. Esto significa que es colocado en una banda que representa una interferencia más alta, por ejemplo si un canal se asigna a la banda de interferencia 2, este se coloca de nuevo en la banda de interferencia 2 en una liberación normal, y en la banda de interferencia 3 en una liberación anormal.

Después de una liberación de canal, la BTS reporta la interferencia de uplink medida para ese canal a la BSC, después de los primeros dos periodos de SACCH, así como se hace después del desbloqueo.

Canales de tasa dual.

Cuando se evalúa el nivel de la interferencia para un canal de tasa completa compuesto de dos canales de tasa media, se usa el promedio de las bandas de interferencia para los canales de media tasa.

Cuando un canal de media tasa es liberado y su canal de media tasa relacionado está ocioso, el canal que se libera se coloca en la misma banda de interferencia de su canal relacionado. Esto se hace sin tener en cuenta si la liberación es normal o anormal.

3.9.3.12 Compartimiento de carga de célula.

Un mecanismo que distribuye la carga entre las células tiene el efecto de que los picos de carga altos en una célula son cortados. Por consiguiente, un promedio de carga más alto puede permitirse mientras la calidad de servicio, así como el dimensionamiento, permanecen igual. La eficacia del entroncamiento de una BSC es así mayor, resultando en un aumento de la capacidad de tráfico.

El compartimiento de carga de célula incrementa la cantidad de handovers en la parte de la red donde la carga de tráfico es distribuida irregularmente.

Descripción técnica.

Algoritmo.

El compartimiento de carga de célula esta limitado a los canales de tráfico (TCH) en cualquier modo (es decir voz/datos o señalización).

El algoritmo de compartimiento de carga consiste de las siguientes actividades:

- La carga de tráfico es supervisado en todas las células donde el compartimiento de carga esta activado, el nivel de carga determina las actividades posteriores.
- Si una célula tiene carga de tráfico alta, se hacen conexiones cerca de una frontera de célula para realizar el handover recalculando su valor de la clasificación en la localización.
- Los handovers sólo se llevan a cabo si las células receptoras tienen carga lo suficientemente baja.

El compartimiento de carga de célula necesita ser activado en lo niveles de BSC y de célula.

Monitoreo de carga.

La carga en cada célula es supervisada en la BSC. El indicador de la carga en la célula es la cantidad de canales de tráfico ociosos que haya en esta. Son relevantes dos niveles para el compartimiento de carga:

- Si la cantidad de canales de tráfico ociosos decrece por debajo del CLSLEVEL (el valor del parámetro se da como el porcentaje de todos los canales de tráfico ociosos en la célula) en la célula, esta célula intenta liberarse de un poco de tráfico iniciando el handover de compartimiento de carga a las células vecinas.
- Si la cantidad de canales de tráfico ociosos esta por encima del CLSACC (también dado en porcentaje) en la célula, esta célula se prepara para aceptar handovers de compartimiento de carga entrante de otras células.

Recálculo de la clasificación.

Cuando la cantidad de canales de tráfico ocioso decrece por debajo del CLSLEVEL, se realizan nuevos cálculos de clasificación en la localización para todas las conexiones en una célula,. Si se encuentra una célula vecina mejor clasificada para cualquiera de las conexiones, como un resultado de esta nueva clasificación de célula, se solicita un handover de compartimiento de carga para esta conexión.

Los recálculos de localización sucesivos son realizados con una declinación lineal de la histéresis. La declinación se realiza en un periodo definido o hasta que la cantidad de canales de tráfico ociosos incrementa por encima del CLSLEVEL.

El propósito de la declinación de histéresis tiene dos objetivos:

- Los móviles más cercanos al límite de handover son seleccionados primero.
- Los móviles seleccionados para handover son varios a la vez, muchos handovers de compartimiento de carga al mismo tiempo podría, por otra parte, causar inestabilidad.

Se deben cumplir ciertas condiciones adicionales para que tome lugar el handover de compartimiento de carga:

- Condiciones de localización:
 - el handover de compartimiento de carga no es permitido durante la asignación.
 - el handover de compartimiento de carga no es permitido si hay una condición de urgencia.
- Condiciones de la célula vecina.
 - la célula vecina debe pertenecer a la misma BSC.
 - la célula vecina debe pertenecer a la misma capa jerárquica.
 - el handover entrante de compartimiento de carga debe estar permitido para esta célula.

Si se han introducido los canales de tasa dual. La cantidad de canales de tráfico ociosos se cuenta como si sólo existieran canales de tasa completa. Esto significa que si uno, del par de canales de tasa media, en un canal de tasa dual está ocupado y el otro está ocioso, el canal de tasa dual entero se clasifica como ocupado.

3.9.3.13 Asignación de canal diferenciado.

La asignación de canal diferenciado da la capacidad para diferenciar entre los tipos diferentes de suscriptores (es decir, para dar a los segmentos de suscriptor diferentes accesos a la red por medio de un control de asignación de los recursos de radio). Para este propósito, a cada suscriptor se le puede asignar un nivel de prioridad en los datos de suscripción en el HLR. Para ofrecer acceso inmediato a la red en casos especiales como llamadas de emergencia o para suscriptores con prioridad alta; se implementa un mecanismo de prioridad para reservar canales ociosos. Otra aplicación para la asignación de canal diferenciado pueden ser construir áreas donde ciertos suscriptores tengan acceso total a los canales. Fuera de estas áreas los mismos suscriptores tienen restringido el acceso a la red.

El operador puede especificar un único nivel de prioridad para llamadas de emergencia, de esta manera se provee la habilidad para dar a estas llamadas una prioridad más alta que a las llamadas ordinarias.

Descripción técnica.

La asignación de canal diferenciado puede ser activada por medio del BSC y controlada por medio de célula.

En la activación de la asignación de canal diferenciado, el nivel de prioridad para llamadas de emergencia debe de ser especificado tanto en la BSC como en el MSC/VLR. El operador debe asegurarse que el nivel de prioridad para llamadas de emergencia sea colocado al mismo nivel en la BSC y en el MSC/VLR.

La diferenciación es realizada especificando un número de canales que no pueden ser asignados (canales inaccesibles) para los suscriptores con un nivel específico de prioridad. Esto puede ser controlado por subcelulas subpuestas y sobrepuestas, así como por un canal lógico TCH o SDCCH.

La diferenciación es realizada durante el primer procedimiento de asignación, antes de que la llamada sea establecida. Esto también es posible en un handover intracelular. Esto significa que un cierto suscriptor puede recibir un canal en una instauración de llamada, pero en un intento de handover, al usuario le puede ser denegado un canal debido a que tiene una prioridad muy baja.

3.9.3.14 Configuración adaptable de canales lógicos.

La función de configuración adaptable de canales de control lógico esta diseñada para optimizar el uso de los canales de señalización y tráfico, y hacer la estructuración del Canal de Control Dedicado Unico (SDCCH) menos crítico. El propósito de esta función es minimizar el riesgo de congestión del SDCCH adaptando automáticamente el número de SDCCH's en una célula para la demanda de estos canales.

Un canal de control dedicado es conocido como un subcanal SDCCH, o simplemente un SDCCH. Los subcanales SDCCH están configurados en un Canal Físico Básico (BPC) ya sea como ocho subcanales SDCCH, o cuatro subcanales SDCCH combinados con el Canal de Control de Difusión (BCCH) y Canal de Control Común (CCCH). Estas diferentes configuraciones de SDCCH son conocidas como un SDCCH/8 y un SDCCH/4 respectivamente. La función se define en el controlador de estación base (BSC).

La configuración adaptable de los canales lógicos dimensionará dinámicamente la célula con más o con menos SDCCH/8s dependiendo la demanda. Esto previene la congestión de SDCCH a ocurrir así como también la optimización del uso de los SDCCHs y TCHs. Como resultado, la red tendrá más capacidad y la rentabilidad para el operador aumentará.

El dimensionamiento de los SDCCHs será también menos critico. El molesto trabajo manual para un operador de calcular el tráfico de señalización esperado basado en los modelos de tráfico, distribución de tráfico presente y estadísticas acerca de los handovers y tasas de congestión es por lo tanto minimizado.

Como un efecto lateral, el número de handovers intracelulares podría incrementarse ligeramente. La razón es que cuando un timeslot va a ser reconfigurado, cualquier trafico pasante en este timeslot es manejado sobre un canal ocioso.

Descripción técnica.

Usando la función de configuración adaptable de canales lógicos el operador necesita sólo dimensionar una configuración de SDCCH básica. Cuando se usa esta función, la configuración de SDCCH básica en una célula debe estar subdimensionada más que sobre dimensionada con respecto al número de SDCCH's. El dimensionamiento puede estar basado en una carga baja para promediar ésta en el SDCCH. Si un incremento en la demanda para canales de señalización se presenta, la función substituirá dinámicamente un TCH ocioso en la célula por un SDCCH/8. esta operación será completada dentro en segundos y puede ser repetida varias veces. Cuando la demanda para los canales de señalización regresa a un nivel bajo el procedimiento se invierte.

Una configuración adaptable de canales lógicos se activa y desactiva en una por célula usando la variable de estado ACSTATE. Los parámetros que controlan la operación de la función pueden cambiarse por medio de comandos. La característica sólo agregará y removerá SDCCH/8s en la subcélula subpuesta (UL) si la estructura de subcélula esta definida. Un SDCCH/8 manualmente configurado es la subcélula sobrepuesta (OL) no es afectada por esta característica.

3.9.3.15 Precedencia multinivel mejorada y servicio de prioridad (eMLPP).

La función eMLPP habilita al operador para dar mejor acceso a la red a los usuarios de prioridad alta. Esto se realiza terminando las conexiones de usuarios de prioridad baja en una célula congestionada, que es requerida para una conexión de alta prioridad. Se hacen hasta dos intentos de entregar una conexión de baja prioridad a otra célula, si los handovers fallan desconecta se termina la conexión.

La eMLPP se implementa en el controlador de estación base (BSC).

A los usuarios de prioridad alta se les da mejor acceso a la red permitiéndoles asirse de canales ya ocupados por usuarios de prioridad baja. Es posible también clasificar usuarios como incapaces de quitar otras conexiones así como no vulnerables a remoción. Las conexiones de prioridad baja se entregan principalmente a otras células, pero son desconectadas si es necesario.

La característica es aplicable para conexiones conmutadas de circuito, conexiones de HSCSD y canales en demanda de GPRS.

Descripción técnica.

En asignación el nivel de la eMLPP otorgado para la conexión esta determinado por el centro de conmutación de servicios del móvil (MSC), basado en el nivel de la eMLPP del suscriptor llamante. Si no hay un nivel de la eMLPP definido para el suscriptor se usará el valor predefinido de la red para llamadas de no emergencia. Para llamadas de emergencia se asignan otros valores predefinidos en la red.

En el MSC son definidos los parámetros para cada nivel de la eMLPP. El indicador de capacidad de prioridad (PCI) y el indicador de vulnerabilidad de prioridad (PVI) están en los mensajes de requerimiento de asignación y requerimiento de handover que son enviados desde el MSC al controlador de la estación base (BSC). El PCI determina si la conexión puede remover otra conexión y el PVI si la conexión puede ser removida por otra conexión.

No se permite remover conexiones de baja prioridad por conexiones de multisolt transparentes (se pueden remover las conexiones de PVI por las conexiones de multisolt transparentes con un timesolt). Si una conexión de multisolt no transparente tiene el indicador PCI colocado y hay una congestión sólo se puede remover una conexión de indicador PVI para el canal principal.

Los siguientes casos de tráfico no inician la desconexión por prioridad:

- Handovers debidos a compartimiento de carga.
- Handovers intracelulares debidos a empaquetamiento de tasa media.
- Cambio de subcélula debido a bloqueo, o distribución de carga de subcélula o si la subcélula de sobrecapa tiene preferencia.
- Asignación inmediata.

Algoritmo.

En handover o asignación se hace un intento de asignación de canal sobre la primera célula de la lista de candidatas. Si la célula está congestionada el resto de las candidatas son probadas una por una. Con la función activa se inicia inmediatamente la búsqueda de un canal para liberar a favor de la conexión con indicador PCI cuando la primer célula se reporta como congestionada. Si no puede encontrarse ningún canal en la célula, se intenta la siguiente célula en la lista de candidatas.

Antes de que la célula se considere congestionada se hacen intentos para desasignar canales de GPRS. Si no hay canales en demanda y el recurso de función de caída nivelada de las conexiones de multislot está activo, se hará un intento para terminar las conexiones HSCSD no transparentes.

La célula es buscada para las conexiones con indicador PVI de cualquier tipo de recurso que esta permitido por la administración de canal. El primer canal permitido que se encuentra y que es asignado a una conexión con indicador PVI, está reservado para la conexión de indicador PCI.

Si no se puede encontrar una conexión apropiada, se reporta la congestión y se prueba la siguiente célula candidata, si queda alguna en la lista de candidatas. Si se encuentra una conexión con indicador PVI apropiada, por la función de asignación se solicitan las candidatas de handover para esta conexión, y se inicia un handover para la conexión con parámetro PVI.

Si no pueden encontrarse candidatos, o los intentos de handover fallan, la función busca otra conexión con indicador PVI comenzando con la última conexión reportada desde la lista de canal. Si no pueden encontrarse más conexiones con indicador PVI la última conexión reportada es desconectada. Si se encuentra una segunda conexión con indicador PVI apropiada, se realiza el mismo procedimiento como para la primera conexión. Si este segundo intento de handover falla se realiza una tercera búsqueda para una conexión con indicador PVI. Esto se debe a que puede tomar varios segundos para un handover fallado dejar el canal para otros propósitos. En todo caso se desconecta la última conexión con indicador PVI encontrada, la segunda o la tercera.

Los procedimientos son supervisados en tiempo, permitiendo dos segundos para handover y desconexión. Si un intento de handover no es exitoso dentro de dos segundos el intento falla y el procedimiento continúa de la siguiente manera: hay un límite de tiempo total de siete segundos para asignación, independientemente de la eMLPP. Si menos de cuatro segundos son dejados de los siete segundos, cualquier intento de handover de la conexión con indicador PVI es interrumpido y se inicia una desconexión.

Antes que un canal que previamente pertenecía a una conexión PVI sea liberado es reservado para una conexión PCI.

Si la conexión PVI es una conexión HSCSD, las candidatas de handover son requeridas sólo por el canal principal, debido a que sólo el canal principal es evaluado por la función de localización para una conexión HSCSD. Si se recibe la última candidata de handover se intenta un handover de conexión de multislot completa. Si el handover falla, se prueba una reducción del ancho de banda (número de timeslots), esto no es posible para conexiones transparentes.

La reducción del ancho de banda corresponde a la desconexión de canales no esenciales (todos los canales en conexiones transparentes y el canal principal en conexión no transparente son esenciales). La reducción del ancho de banda no es posible si el recurso de función de caída nivelada está activo, debido a que la caída está ya completada. Si la reducción del ancho de banda falla se termina la conexión con indicador PVI multisolt disponible.

Estación base de radio.

Las RBS's empleadas en la red GSM en México son aquellas que pertenecen a la serie RBS 2000 de Ericsson. Son la segunda generación de RBS's desarrolladas para cumplir con las especificaciones para la BTS's de GSM. Están diseñadas para ofrecer desarrollo rápido y efectivo en costo. También proporciona una instalación simple y prueba en sitio. Esto es realizado fácilmente debido a que los gabinetes vienen preensamblados y el software es cargado y probado en la fábrica antes de su venta.

4.1 Introducción a la RBS.

La estación base de radio (RBS) incluye todo el equipo de interfaz de transmisión y equipo de radio necesario en el sitio de radio. Cada RBS opera en un par de rangos de frecuencias dadas, uno es usado para transmitir a las estaciones móviles, y el otro para recibir de las estaciones móviles.

Para las RBS's se aplica una tecnología de integración de gran escala (VLSI) para lograr un tiempo largo entre fallas (MTBF). En forma congruente tenemos para las RBS's un tiempo mínimo entre reparación más corto (MTRH), que se realiza por medio de una interfaz hombre máquina (MMI) amigable al usuario, esta interfaz consiste de leds indicadores, en lugar de lenguaje máquina y la supervisión de todas las unidades y cables para la detección de las fallas y su aislamiento. Así también gracias a su diseño modular es posible cambiar y reparar en sitio.

Las RBS soportan las estructuras de célula jerárquica (HSC) con hasta tres capas celulares. Las capas pueden ser macro células, micro células a nivel de calle y pico células interiores. La familia de RBS's 2000 soporta tanto configuraciones omni-direccionales como configuraciones sectoriales.

Interfaces de la BSS.

Hay cuatro interfaces principales dentro de la BSS donde se recibe y transmite la información de tráfico y señalización. Estas interfaces son: interfaz A, interfaz A-ter, interfaz A-bis y la interfaz de aire. La interfaz A intercambia información entre el MSC/VLR y el TRC, la interfaz A-ter entre el TRC y los BSCs, la interfaz A-bis transmite información entre el BSC y la BTS, mientras que la interfaz de aire opera entre la BTS y el MS, figura 4-1.

Hay dos formas básicas de construir las interfaces:

- Interfaz PCM de 2 Mbps (**E1**). El canal físico E1 está dividido en 32 time slots, cada uno con una tasa de 64 kbps.
- Interfaz PCM de 1.5 Mbps (**T1**). El canal físico está dividido en 24 time slots, cada uno con una tasa de 64 kbps.

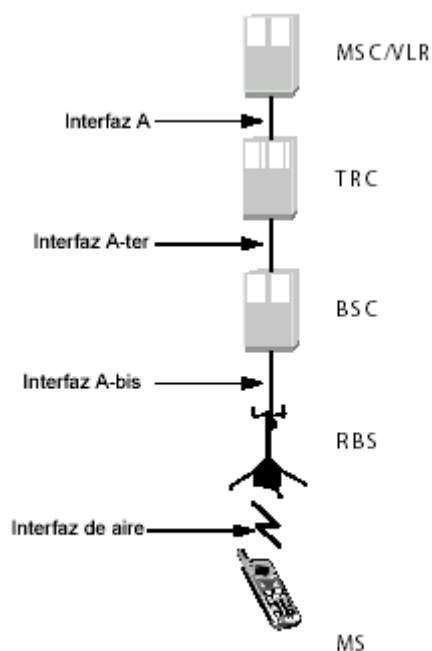


Figura 4-1 Interfaces del BSS

Interfaz A.

La interfaz A proporciona dos tipos de información, la de señalización y la de tráfico, entre el MSC y el BSS. La voz es transcodificada en el TRC y la señalización SS7 está conectada de forma transparente a través del TRC o en un enlace separado al BSC. La figura 4-2 muestra el mapeo de la información de tráfico en el enlace PCM:

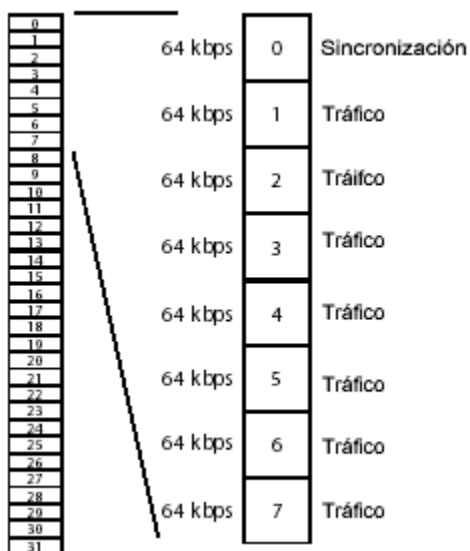


Figura 4-2 Interfaz E1

formato escogido para facilitar la transferencia de información. Hay tres formatos posibles que pueden ser utilizados para la transferencia de información en la interfaz A-bis:

- LAPD no concentrada: la señalización para cada TRU es enviada en un canal dedicado de 64 kbps y es acompañado por dos canales de 64 kbps cada uno portando cuatro canales multiplexados de voz o datos de 16 kbps.
- LAPD concentrada: es recomendada para todas las células, pero en particular aquellas con 3 TRU's o mas. Con LAPD concentrada cada TRU necesita 2.25 time slots de PCM. Es posible alojar hasta 13 TRU's en un línea PCM de 2 Mbit (E1), sin este formato sólo pueden alojarse 10 TRU's.
- LAPD multiplexada: se recomienda para todas las células pequeñas con 1 o 2 TRU's. Con la LAPD multiplexada, cada TRU necesita 2 time slots de PCM. Es posible alojar hasta 15 TRU's en una línea de PCM de 2 Mbit, sin esta característica pueden alojarse sólo 10 TRU's. Con 2 TRU's en una célula, normalmente sólo 14 de los canales disponibles en la interfaz de aire se usa para tráfico, y los 2 time slots restantes para la señalización de BCCH y SDCCH.

Las redes E1 usan el time slot 0 en la interfaz A-bis para proporcionar una referencia de sincronización a la RBS. En las redes T1 la trama de información de sincronización extraída del enlace T1 sincroniza la RBS con la red. En estos sistemas se introduce una fuente de sincronización interna en el DXU que otorga una sincronización confiable y estable.

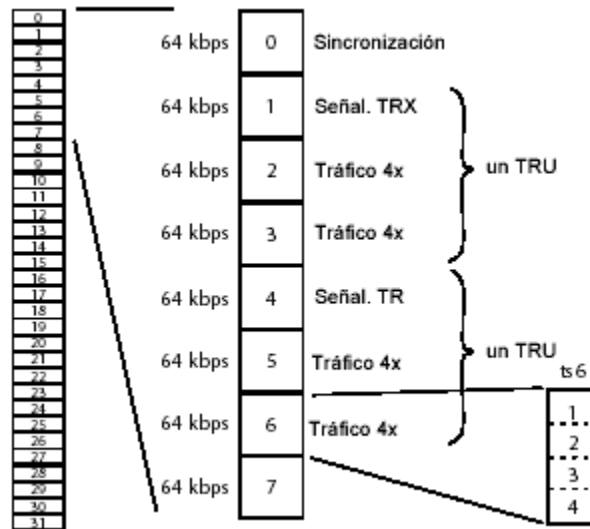


Figura 4-6 A-Bis LAPD no concentrada (E1)

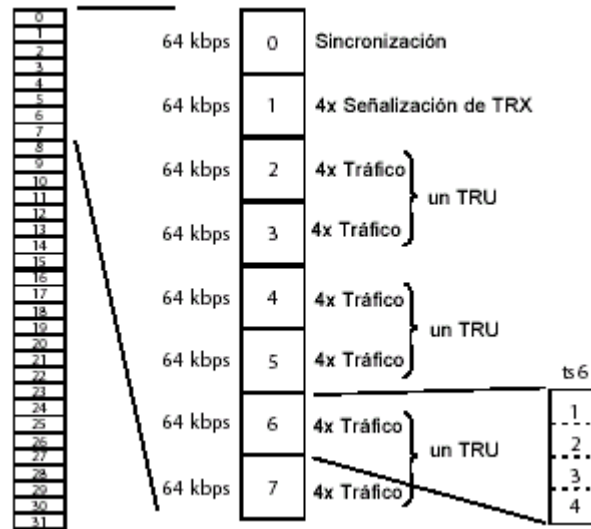


Figura 4-7 A-Bis LAPD concentrada (E1)

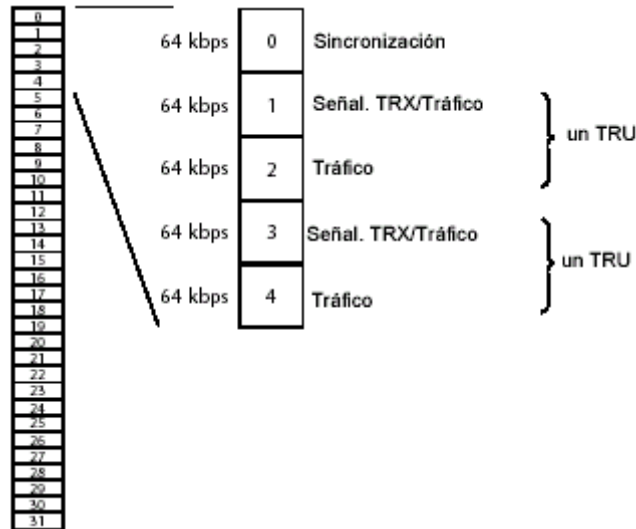


Figura 4-8 A-Bis LAPD multiplexada (E1)

4.2 Funciones de la RBS.

Las funciones de la RBS están divididas dentro de las siguientes áreas:

- Recursos de radio.
- Procesamiento de señal.
- Manejo de enlaces de señalización.
- Sincronización.
- Manejo de mantenimiento local.
- Supervisión y prueba funcional.

Recursos de radio.

Una función principal de la RBS es proporcionar conexión con los MS's sobre la interfaz de aire. Esto incluye las siguientes tareas:

- Configuración e inicio del sistema: la configuración del sitio involucra la carga del software desde la BSC y parámetros de configuración antes del inicio del sistema, lo que incluye:
 - Frecuencias de transmisión y recepción.
 - Máxima salida de potencia.
 - Código de identidad de estación base (BSIC).
- Transmisión de radio: para transmitir sobre varias frecuencias usando la misma antena, se necesita un combinador o un grupo de combinadores. La potencia de transmisión se controla desde el BSC.
- Recepción de radio: además de la recepción de tráfico en los canales físicos, una función primaria de la RBS es la detección de la petición de canal desde los MS's (por ejemplo cuando se va a hacer una llamada).

Procesamiento de señal.

Una RBS es responsable del procesamiento de las señales antes de la transmisión y después de la recepción. Esto incluye:

- El cifrado usando la clave de cifrado.
- La codificación de canal y la intercalación.
- Ecualización adaptiva.
- Realización de la diversidad.
- Demodulación.

Antes de enviar la información sobre la interfaz de aire ya sea en un canal de tráfico o en uno de control la señal se procesa. Durante el procesamiento de la señal, se le hacen cambios a ésta para reducir los posibles efectos dañinos que podrían encontrarse durante la transmisión de la señal sobre la interfaz de aire.

Codificación de voz.

La voz codificada en PCM que viene en el TRC o BSC/TRC sobre la interfaz A es entregada en 64 kbps. Ocho de estos canales producirían una tasa de bit de 512 kbps sobre la interfaz de aire, sin agregar una confiabilidad de transmisión. El transcodificador y la unidad de adaptación (TRAU) en el TRC o BSC/TRC divide la voz codificada en PCM en segmentos de 20 ms. Estos segmentos de voz de 20 ms son entregados al codificador de voz. El codificador de voz analizará los segmentos y realiza una conversión. La salida es voz codificada con una calidad aceptable en una tasa de transmisión de 13 kbps. Los siguientes 3 kbps de señalización se agregan a la señal de 13 kbps para un total de 16 kbps que van a la interfaz A-ter o A-bis.

Codificación de canal.

La codificación de canal se usa para detectar y corregir los errores que han sido identificados durante el proceso de transmisión de la señal. Estos errores de la señal son medidos como un porcentaje del total de bits transmitidos. La calidad de la señal transmitida es expresada en términos de la razón de error de bit (BER). El BER es el porcentaje de bits fallados del total de número de bits transmitidos.

La codificación de voz es realizada dentro del TRU para la señal de downlink y por el móvil para la señal de uplink. Hay dos tipos de codificadores de canal usados: *codificadores de bloque* y *codificador convolucional*.

Los codificadores de voz entregan bloques de voz de 20 ms que contienen 260 bits de información de voz. Los 260 bits de información se considera como:

- 50 bits muy importantes.
- 132 bits importantes.
- 78 bits no tan importantes.

Se agregan a los 50 bits 3 bits de paridad (codificación de bloque). Estos 53 bits juntos con los 132 bits importantes y 4 bits de cola son codificados de manera convolucional a los 378 bits (razón 1:2). Los bits restantes no son codificados, figura 4-9.

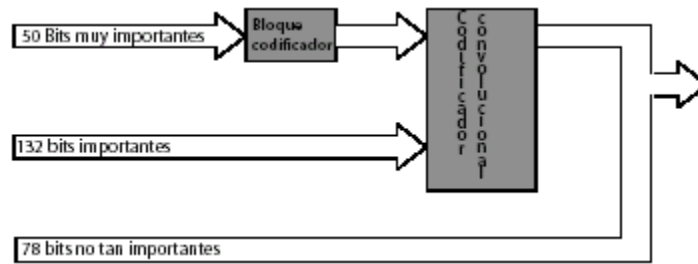


Figura 4-9 Codificación de canal

Intercalación.

Los errores de bit frecuentemente ocurren en las ráfagas de información enviadas sobre la interfaz de aire. Esto es causado por desvanecimientos que afectan a bits consecutivos. El proceso de codificación de voz sólo es efectivo en detectar y corregir errores simples. Un proceso llamado intercalación resuelve este problema separando los bits consecutivos de información en un mensaje y transmitiéndolos de manera no consecutiva. Esto ayuda a superar problemas causados por ráfagas de ruido. A través de la intercalación se esparcen tramas simples de información sobre varias ráfagas. En GSM se usan dos niveles de intercalación.

Primer nivel.

Los codificadores de canal proporcionan 456 bits por cada 20 ms de voz. Estos son intercalados, formando ocho bloques de 57 bits cada uno, figura 4-10.

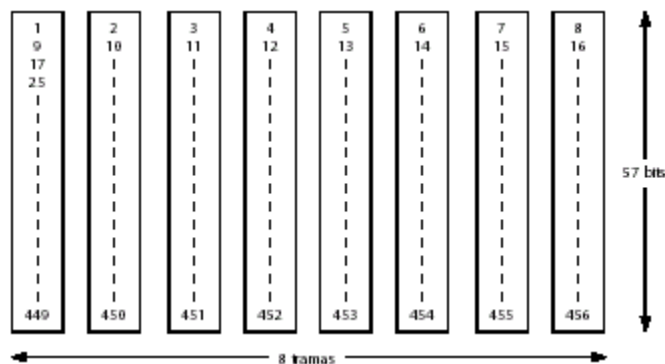


Figura 4-10 Primer nivel de intercalación de 20 ms de voz codificada

Segundo nivel.

En una ráfaga normal hay espacio para 2 de los 57 bloques de bits de información. El segundo nivel de intercalación toma 8 de los 57 bloques de bits a ser transmitidos y los pone en 8 diferentes ráfagas de información. Cada ráfaga de información contendrá dos bloques de información de diferentes ráfagas de voz de los 57,

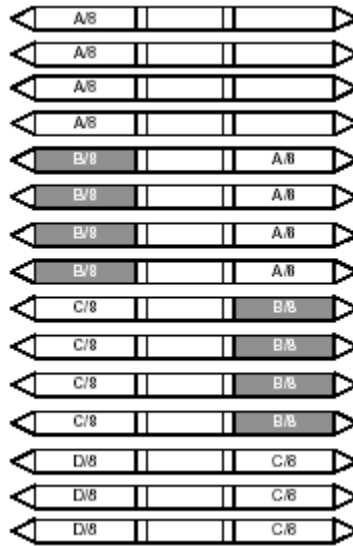


Figura 4-11 Segundo nivel de intercalación.

Con el segundo nivel de intercalación podemos permitirnos perder una ráfaga completa, debido a que la pérdida de una ráfaga simple solo afecta el 12.5 de los bits de cada una de las tramas de voz, el proceso de codificación de voz hace posible las correcciones apropiadas.

Ecualización.

La dispersión en el tiempo es cuando las señales transmitidas son reflejadas lejos de la antena de recepción por objetos y llegan a ésta después que la señal original. Esto puede resultar en una interferencia de intersímbolo, ISI. Las señales se esparcen en tiempo y los símbolos adyacentes interfieren entre sí. El receptor está inseguro de cuál es la señal original. La ecualización es el proceso usado para librarse de la dispersión en el tiempo. El ecualizador puede manejar un número limitado de reflexiones, estas reflexiones sólo pueden estar retardadas por aproximadamente 15 μ s con respecto a la señal original, que es una trayectoria de señal de aproximadamente 4.5 km.

El ecualizador crea un modelo del canal de transmisión y calcula la secuencia más probable transmitida. Los datos son transmitidos en la ráfaga, que son colocados dentro de los time slots. A la mitad de la ráfaga se coloca una secuencia de instrucción de un patrón conocido con propiedades de auto correlación. Esta secuencia de instrucción es utilizada por el ecualizador para crear un modelo de canal. Este modelo cambia todo el tiempo pero durante una ráfaga es considerado como constante. La señal reflejada es influenciada por el efecto Raleigh debido a reflexiones de regiones cercanas. Esta señal tiene un patrón de pérdida independiente comparado con la señal directa y puede ser usado por el ecualizador para mejorar el desempeño.

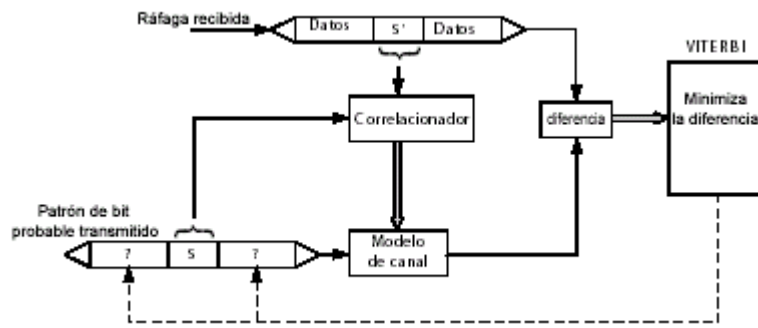


Figura 4-12 Ecuación Viterbi.

Cifrado.

El cifrado es una técnica usada en GSM para evitar la interceptación, éste comprende en tomar una porción del tren de unos y ceros de la señal digitalizada y combinarla con un tren aleatorio de unos y ceros. Este tren aleatorio sólo lo conoce el móvil y la BTS. El resultado es una señal ininteligible para las demás estaciones móviles, o para cualquier otro, y sólo puede ser descifrada por la estación con el mismo código. Los códigos usados para el cifrado se describen en el capítulo dos.

Corrimiento de canal de tráfico.

La estructura del downlink y del uplink es idéntica. La única diferencia es un corrimiento en el tiempo; por ejemplo el time slot 2 en el uplink no ocurre al mismo tiempo que el time slot 2 del downlink. El corrimiento es de tres time slots. Esto significa que el móvil no transmite y recibe al mismo tiempo.

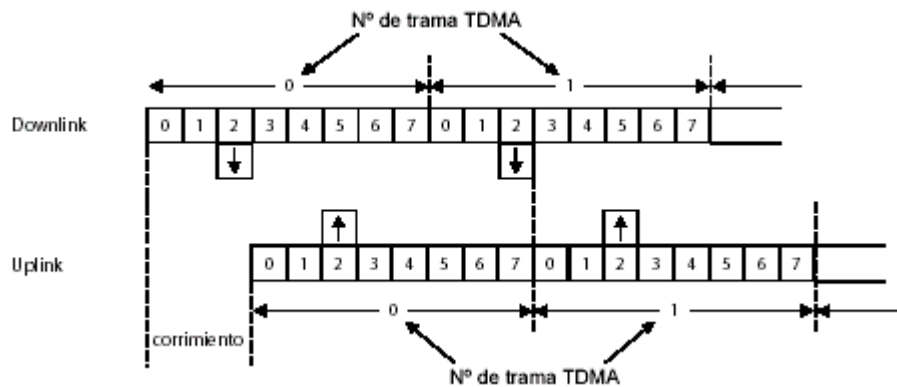


Figura 4-13 Corrimiento en el canal de tráfico de uplink y downlink.

Avance en el tiempo.

Si el móvil está moviéndose fuera de la estación base durante la llamada, tendrá que enviar la ráfaga adelantada, en relación al tiempo de sincronización, para que llegue en el time slot dado en la estación base. La estación base enviará por lo tanto continuamente un valor entre 0 y 63, diciéndole al MS cuantos periodos de bit ($3.7 \mu s$) adelante del tiempo de sincronización debe transmitir la ráfaga. Este es uno de los parámetros que ponen un límite en el tamaño de la célula.

Diversidad de antena.

Una manera de realizar la diversidad es usar dos canales de recepción que están condicionados independientemente por el desvanecimiento de la señal. La probabilidad de que ambos sean afectados por un desvanecimiento profundo al mismo tiempo es baja. Este método requiere dos antenas independientes de RX en la estación base recibiendo la misma señal y por lo tanto afectada diferentemente por desvanecimientos.

Escogiendo la mejor de las dos señales, el impacto del desvanecimiento puede ser reducido. Hay dos formas principales para hacer esto:

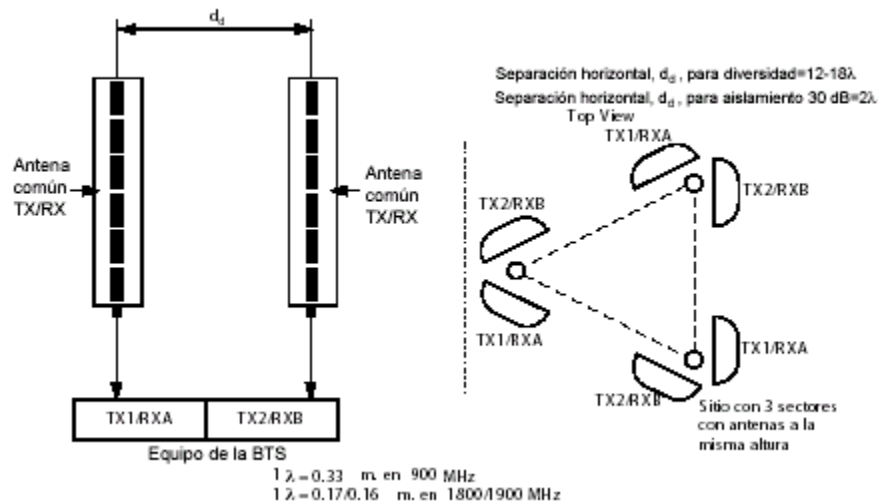


Figura 4-14 Diversidad de espacio

Diversidad de espacio.

La distancia entre las antenas debe ser tal que la correlación entre las señales en estas sea baja. La correlación es un término estadístico que describe la similitud de las señales. En términos prácticos, la distancia debe de ser de pocos metros, figura 4-14.

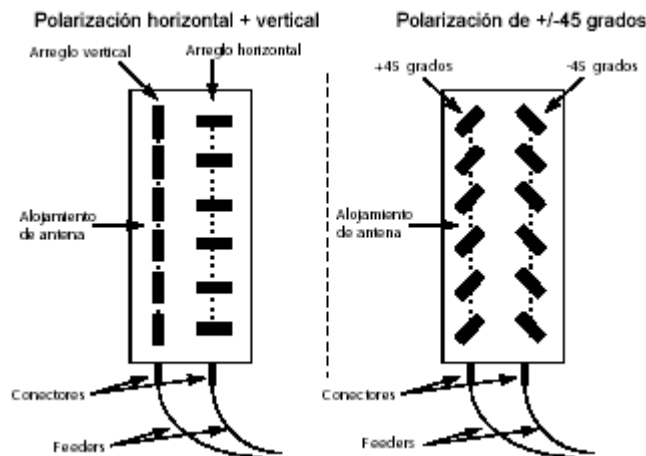


Figura 4-15 Diversidad de polarización

Diversidad de polarización.

Una antena polarizada de manera dual es una dispositivo con dos arreglos dentro de la misma unidad física. Los dos arreglos pueden ser diseñados y orientados en diferentes maneras con tal de que los dos planos de polarización tengan igual desempeño con respecto a los patrones de ganancia y radiación. Los dos tipos más comunes son los arreglos vertical/horizontal en orientación de inclinación de +/- 45grados, figura 4-15.

Formato de la ráfaga.

La información contenida en un time slot en la trama de TDMA sobre la interfaz de aire como ya se había visto en el capítulo uno es llamada ráfaga. El TRU, dentro de la RBS, y la estación móvil realiza la función de poner la información dentro del formato de ráfaga apropiado. Hay cinco tipos de ráfagas diferentes:

- Ráfaga normal, figura 4-16.
- Ráfaga de corrección de frecuencia, figura 4-17.
- Ráfaga de sincronización, figura 4-18.
- Ráfaga de acceso, figura 4-19.
- Ráfaga muda, figura 4-20.



Figura 4-16 Ráfaga normal.

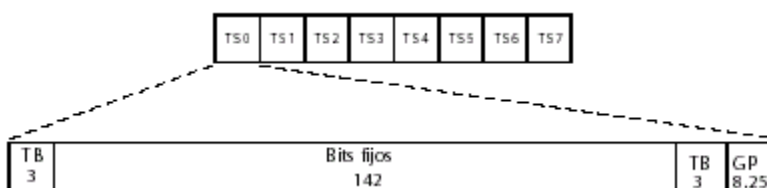


Figura 4-17 Ráfaga de corrección de frecuencia

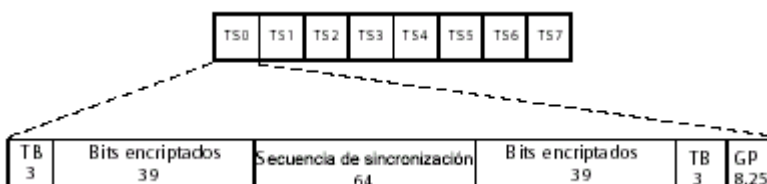


Figura 4-18 Ráfaga de sincronización.

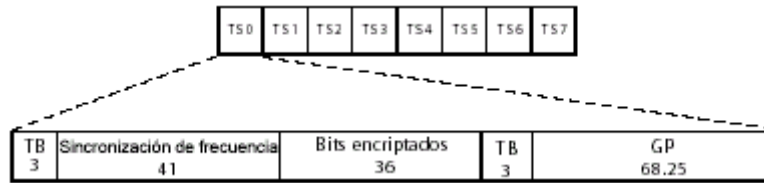


Figura 4-19 Ráfaga de acceso.

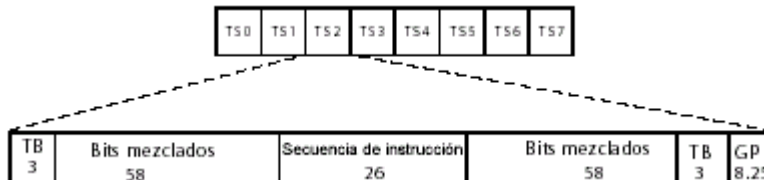


Figura 4-20 Ráfaga muda.

Manejo del enlace de señalización.

La RBS maneja el enlace de señalización entre la BSC y el MS, aplicando los protocolos apropiados para la información a ser enviada.

Sincronización

La información de sincronización se extrae del enlace de PCM que viene del BSC y es enviado al módulo de sincronización dentro de la RBS. Lo que permite a la RBS sincronizar con la referencia de frecuencia correcta y el número de trama de TDMA.

Manejo del mantenimiento local.

Una RBS habilita la función de operación y mantenimiento para realizarse localmente en el sitio de ésta, sin la conexión de la BSC. De esta manera, los técnicos de campo pueden dar mantenimiento al equipo y software de la RBS, en el sitio.

Supervisión funcional y prueba.

La supervisión y prueba de las funciones de la RBS se soporta usando pruebas incorporadas durante la operación normal o pruebas ejecutadas por comandos.

4.3 Implementación de la RBS.

El hardware consiste de un número de RU's (unidades de radio)

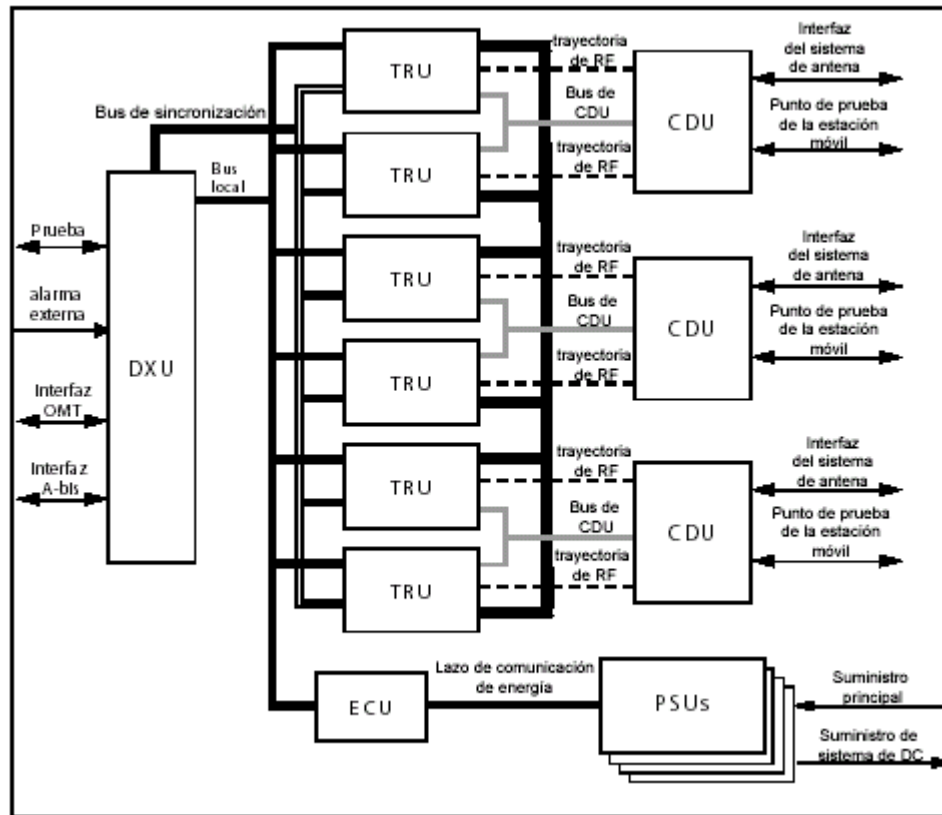


Figura 4-21 Unidades de radio y buses en la radio base 2000 de Ericsson [11].

Bus local.

El bus local ofrece comunicación interna entre el DXU, TRU's y ECU. Ejemplos de la información enviada en este bus son la señalización de TRX, voz y datos.

Bus de sincronización.

El bus de sincronización porta la información de sincronización de la interfaz de aire del DXU a los TRU's.

Bus X.

El bus X porta voz y datos con base en time slots entre los TRU's. Este es usado para el salto de frecuencia en banda base.

Bus de CDU.

El bus de CDU conecta el CDU a los TRU's y facilita la interfaz para funciones de operación y mantenimiento. El bus de CDU transfiere las alarmas e información específica de la RU entre el CDU y el TRU.

Lazo de comunicación para la energía.

El lazo de comunicación para la energía consiste de cables de fibra óptica que portan la información de control y supervisión entre el ECU, PSUs y el BFU.

4.3.1 Unidad de distribución de conmutación (DXU).

La unidad de distribución de conmutación (DXU) es la unidad de control central de la RBS. Hay un DXU por RBS. Proporciona un sistema de interfaz conectando a través ya sea de una red de transporte de 2 Mbit/s o 1.5 Mbit/s y time slots individuales a sus transreceptores individuales.

Esta unidad consiste de funciones comunes a una RBS. Que incluyen[11]:

- Interfaz al BSC.
- Distribución de conmutación.
- Unidad de sincronización.
- Interfaz de bus local.
- Concentración de los enlaces de control (señalización LAPD) a la BSC.
- Colección de hasta 16 alarmas externas.
- Interfaz de operación y mantenimiento.
- Mantiene la base de datos con la configuración del gabinete.

Con estas funciones el DXU establece la conexión al BSC (el enlace de PCM) y conecta a través de time slots individuales a ciertos transreceptores. Genera una referencia de tiempo para la RBS extrayendo la información de sincronización del enlace de PCM o desde una fuente interna.

Además, para un mantenimiento fácil de inventario, hay una base de datos que contiene información acerca del hardware instalado. Esta *base de datos de instalación* (IDB) contiene cada identidad de RU, posición física y los parámetros de configuración relacionados.

El BSC controla (vía señalización LAPD) la configuración de la DXU.

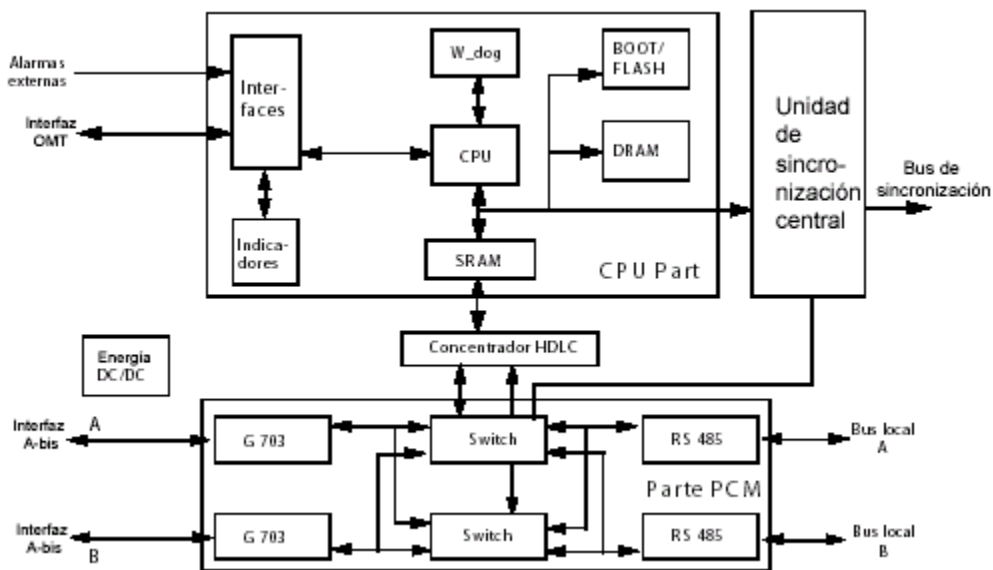


Figura 4-22 Diagrama de bloques de la DXU

La DXU está dividida en cuatro secciones principales, estas son:

- Sección de PCM, interfaz de conmutación (IS).
- Unidad de procesamiento central (CPU).
- Unidad de sincronización central (CTU).
- Concentrador de controlador de enlace de alto nivel (HDLC).

Sus funciones principales son:

La parte de PCM (IS) tiene el propósito de extraer los time slots del enlace A-bis y pasarlos a los TRU's sobre el bus local. Es posible conectar dos líneas de PCM (puerto A y puerto B) a la DXU. Esto es para incrementar la capacidad o para ofrecer redundancia en los enlaces de transmisión.

De forma secundaria el IS puede asignar los time slots que no son usados en la RBS a otro destino. Esto es llamado "multidrop" (en cascada) y mejora la flexibilidad. Hasta 5 RBS's pueden estar interconectadas en una línea de PCM desde el BSC. Los time slots entrantes están conectados a el puerto A de PCM en el DXU, los time slots salientes hacia la siguiente RBS están conectados al puerto B de PCM. La función de "multidrop" se activa con el OMT (terminal de operación y mantenimiento) durante la instalación.

El CPU realiza el manejo de recursos dentro de la RBS. Además, es responsable de:

- Almacenamiento y carga de software de las RU's.
- Interfaz para el OMT.
- Operación y mantenimiento.
- Alarmas externas e internas.
- Extracción de la información de señalización LAPD.

El CTU genera pulsos de referencia para los TRU's. La unidad de sincronización puede ser sincronizada por el enlace A-bis o por una fuente externa como una tarjeta de sincronización opcional.

El concentrador HDLC provee las características de concentración LAPD y multiplexaje LAPD. Esto incrementa la capacidad de la línea de PCM. El concentrador HDLC lee la información de señalización de TRX y la distribuye a los TRU o la parte del CPU en el DXU.

4.3.2 Unidades de transreceptor (TRU).

Es una unidad transmisora/receptora y de procesamiento de señal que transmite y recibe las señales de radio frecuencia que vienen desde la estación móvil y van a la estación móvil.

El TRU incluye procesamiento de señal, recepción de radio, transmisión de radio y amplificador de potencia. A través del uso de la tecnología de chip de circuito integrado de aplicación específica (ASIC), el TRU consigue una gran eficacia, pequeño volumen, bajo peso y bajo consumo de energía.

Cada TRU maneja 8 time slots aire. El TRU tiene dos entradas de recepción y una salida de transmisión. La razón de esto es hacer posible recibir dos señales independientes desde dos antenas en la misma célula (diversidad usada para mejorar la calidad del servicio).

El TRU tiene una función que realiza un lazo de prueba de radio frecuencia para probar las propiedades de recepción y transmisión.

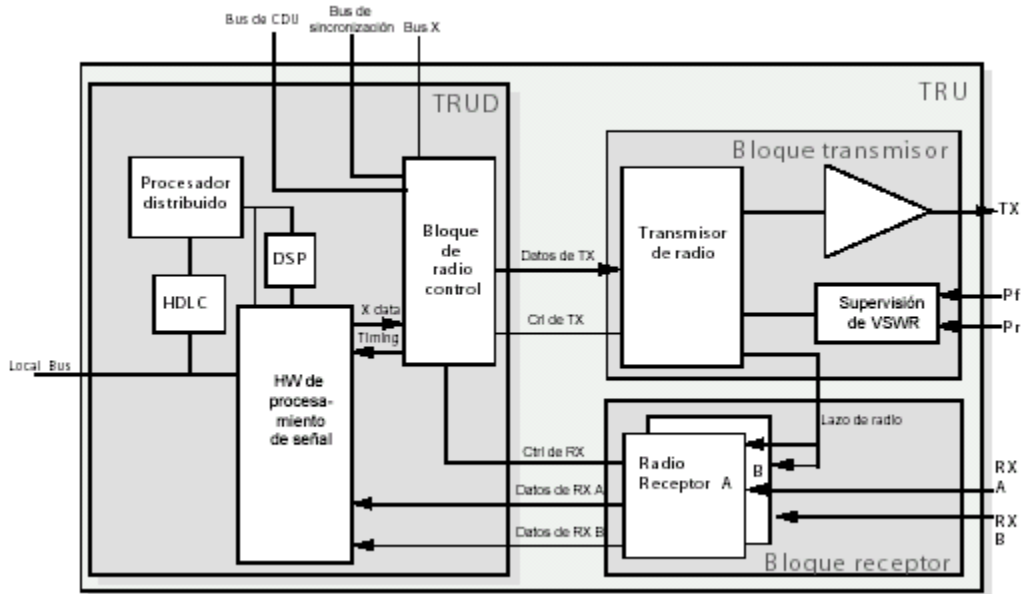


Figura 4-23 Diagrama de bloques del TRU

El TRU incluye todas las funciones relacionadas a una portadora de radio que soporta ocho canales físicos básicos (BPC) en una trama de TDMA. Las funciones incluyen:

- Radio transmisión
- Radio recepción.
- Procesamiento de la señal de la interfaz de aire.
- Manejo de transreceptor.

El TRU está dividido en tres secciones principales:

- Unidad digital de transreceptor (TRUD).
- Bloque de transmisor (TX-block).
- Bloque de recepción (RX-block).

Sus funciones principales son:

El TRUD sirve como el controlador del transreceptor. Se conecta con otros componentes de la RBS por medio del bus local, del bus del CDU, del bus de sincronización, y del bus X. El TRUD realiza el procesamiento de la señal digital de downlink y uplink, así como la codificación de canal, intercalación, cifrado, formateo de ráfagas y ecualización.

El bloque de transmisión (TX-block) realiza las funciones de transmisor incluyendo la modulación GMSK, generación de RF y amplificación de potencia. Cuando se emplea el salto en banda base cada TX transmite en la misma frecuencia y los datos de canal físico serán enviados desde diferentes TX's en cada ráfaga. Con el salto de sintetizador, los datos del canal físico serán enviados desde el mismo TX todo el tiempo pero usará una nueva frecuencia con cada ráfaga.

El bloque de recepción (RX block) realiza las funciones de recetor (RX) para la recepción y demodulación. Hay dos RX's por TRU. El receptor esta listo para el salto de frecuencia.

El enlace de radio entre el TX y el RX hace posible probar el TRU generando señales de prueba y enlazándolos de regreso para las mediciones de prueba del BER.

4.3.3 Unidad de distribución y combinación (CDU).

Un combinador es un dispositivo, en la estación base, que permite la conexión de varios transmisores a una antena. Esto permite a la energía de RF de cada uno de los transmisores salir a la antena, mientras que bloquea la energía de RF de los otros transmisores que utilizan la misma antena. Hay dos tipos de combinadores:

- Híbrido.
- Filtro.

Combinador híbrido.

Un combinador híbrido es un dispositivo de banda ancha que permite a todas las frecuencias en la banda de transmisión atravesar en la dirección de envío. Cada combinador híbrido puede combinar dos señales de transmisor entrantes en una señal de salida. Estos combinadores híbridos tienen una pérdida de 3 dB. Los CDU-C y CDU-C+ contienen un combinador híbrido.

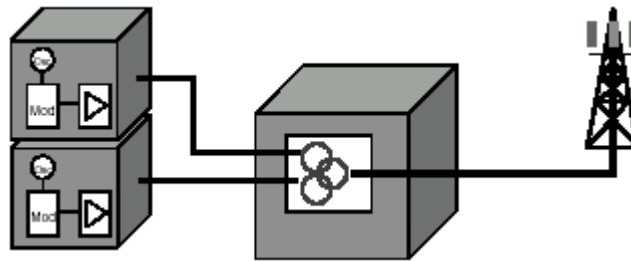


Figura 4-24 Combinador Híbrido

Combinadores de Filtro.

Un combinador de filtro es un dispositivo de banda angosta que permite atravesar sólo a una frecuencia seleccionada en la banda de transmisión. El combinador de filtro tiene la misma pérdida de 3 dB sin tener en cuenta cuantos transmisores están en el sistema. El CDU-D contiene combinadores de filtro.

Se usa un motor a pasos para sintonizar los combinadores de filtro a la frecuencia deseada. Esta sintonización toma aproximadamente de 5 a 7 segundos. El filtro pasa banda sintonizado evita que la señal de otros transmisores lo atraviesen y destruyan al transmisor en uso

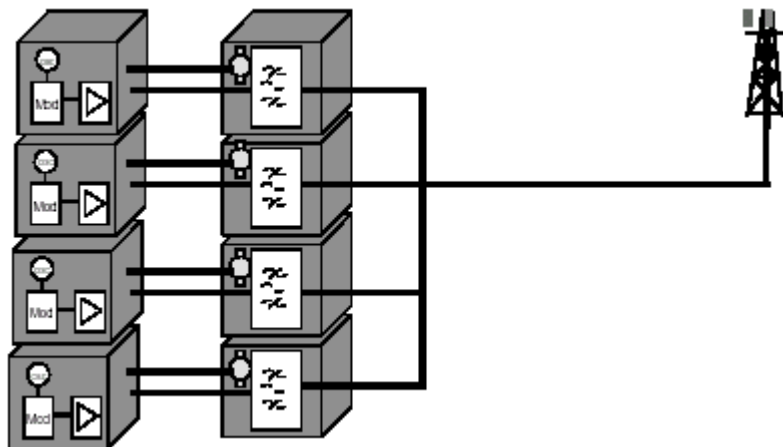


Figura 4-25 Combinador de filtro.

Filtro bidireccional o dúplex.

Para poder usar la misma antena para transmisión y recepción se usa un filtro dúplex. El filtro dúplex puede estar alojado en el CDU o puede estar montado fuera de la estación base. El filtro dúplex externo normalmente está dentro un amplificador montado en torre (TMA).

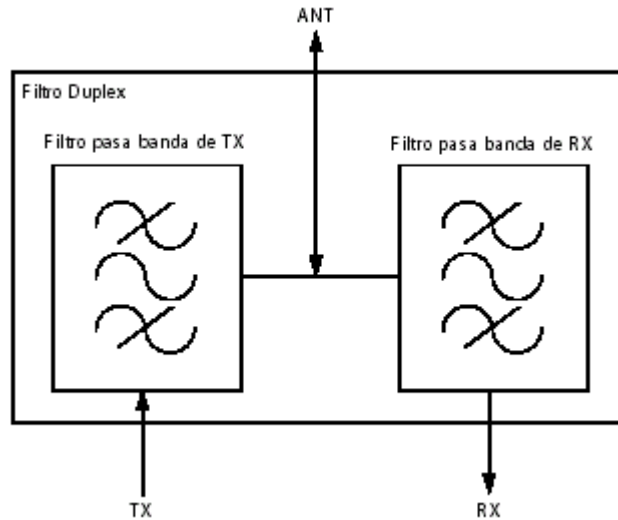


Figura 4-26 Filtro Duplex

Un filtro dúplex consiste de dos filtros pasa banda; uno para la banda de frecuencia de uplink y uno para la banda de frecuencias de downlink. Esto permite que tanto la señal de recepción como la de transmisión sean conectadas a una antena común, ya que la señal del transmisor no puede pasar el filtro de paso banda de RX y la señal recibida de la antena no puede pasar el filtro paso banda de TX.

Amplificador montado en antena (TMA)/ Amplificador de bajo ruido de antena (ALNA).

El TMA o ALNA, dos nombres diferentes para un mismo hardware, es una unidad externa montada en el mástil, cerca de la antena. Este amplifica la señal recibida para incrementar la sensibilidad de todo el sistema y compensar por pérdidas en la guía de onda de la antena en el sistema de 1900 MHz. El TMA es alimentado con energía del CDU y supervisado por la RBS. También conecta a las guías de onda del transmisor y del receptor a la misma antena con un filtro dúplex.

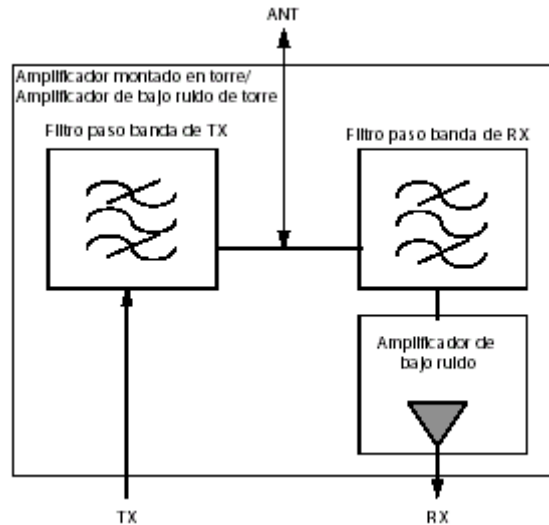


Figura 4-27 Amplificador de bajo ruido

Las funciones del hardware TMA/ALNA son:

- Preamplificación de RX.
- Filtrado dúplex.

Una *unidad de distribución y combinación (CDU)* es la interfaz entre los TRU's y el arreglo de antenas. El principal propósito del CDU es reducir el número de antenas usadas en cada sector de célula.

Las funciones del hardware del CDU son:

- Combinación de TX.
- La preamplificación y distribución de RX.
- Soporte de la supervisión del sistema de antena.
- Filtrado de RF.
- Soporte y suplemento de energía al TMA.
- Los propagadores de RF dentro del CDU están diseñados para proporcionar al TRU una protección contra la potencia de RF reflejada.

El CDU combina o distribuye (depende del CDU) la señal transmitida desde varios transreceptores y distribuye las señales recibidas a todos los transreceptores. La misma antena es usada para transmitir y recibir si se usa un filtro dúplex. Todas las señales son filtradas antes de la transmisión y después de la recepción por medio de filtros pasa banda.

Para soportar las diferentes necesidades y configuraciones, se han desarrollado una variedad de CDU's. Estos son:

- CDU-A.
- CDU-C y CDU_C+, con combinadores híbridos.
- CDU-D con combinadores de filtro para soportar configuraciones grandes.
- CDU-G.

Explicación del diagrama a bloques.

Los propagadores o aisladores de RF.

Proporcionan la protección para el TRU de la potencia de RF reflejada si algo falla en el CDU o en el sistema de antena.

TXBP y RXBP.

El filtro pasa banda de transmisor (TXBP) y el filtro paso banda de receptor (RXBP), filtran las señales de RF transmitidas para la banda de downlink y filtran la señal recibida para la banda de uplink respectivamente. Estos junto con el filtro dúplex proporcionan el aislamiento deseado entre la banda de TX y RX.

Unidad de acoplamiento de medición (MCU).

El MCU extrae las mediciones de potencia reflejada y transmitida. Estas mediciones son canalizadas al TRU a través de la unidad de datos de prueba (TDU), para uso en los cálculos de VSWR. El TDU también proporciona la conexión para engancharse hasta un móvil de prueba conocido como punto de prueba de estación móvil (MSTP).

El VSWR se usa para verificar que el arreglo de antenas este trabajando de la manera apropiada. Si el VSWR incrementa durante la instalación sobre los límites permitidos, se envían alarmas a la BSC.

Amplificador divisor de receptor (RXDA) y divisor de receptor (RXD).

La señal recibida es distribuida a los TRU's por el RXDA o un RXD, esto depende del tipo de CDU. La función del RXDA es preamplificar y distribuir la señal recibida. El RXD tiene sólo la función de distribuir la señal.

En los CDU-C y C+ hay puntos de alto nivel de conexión de entrada (HLin) y alto nivel de salida (HLout). Estos pueden usarse cuando una célula se divide en dos gabinetes, por ejemplo, las dos conexiones hacen posible obtener ambas, RxA y RxB de un CDU y también reduce el cableado entre los gabinetes. En algunos tipos de CDU hay aun más puntos de conexión de alto nivel para incrementar la flexibilidad del CDU y configurar la célula de una manera fácil.

Operación y mantenimiento.

El recuadro marcado con O&M en la figura simboliza un número de circuitos integrados dedicados a las funciones de operación y mantenimiento del CDU. Estos se comunican con los TRU's por medio del bus de CDU. La comunicación consiste de alarmas e información de la base de datos del CDU. La base de datos contiene la información de RU, por ejemplo, el tipo de CDU, número de serie, etc.

Diagrama de bloques del CDU.

CDU A.

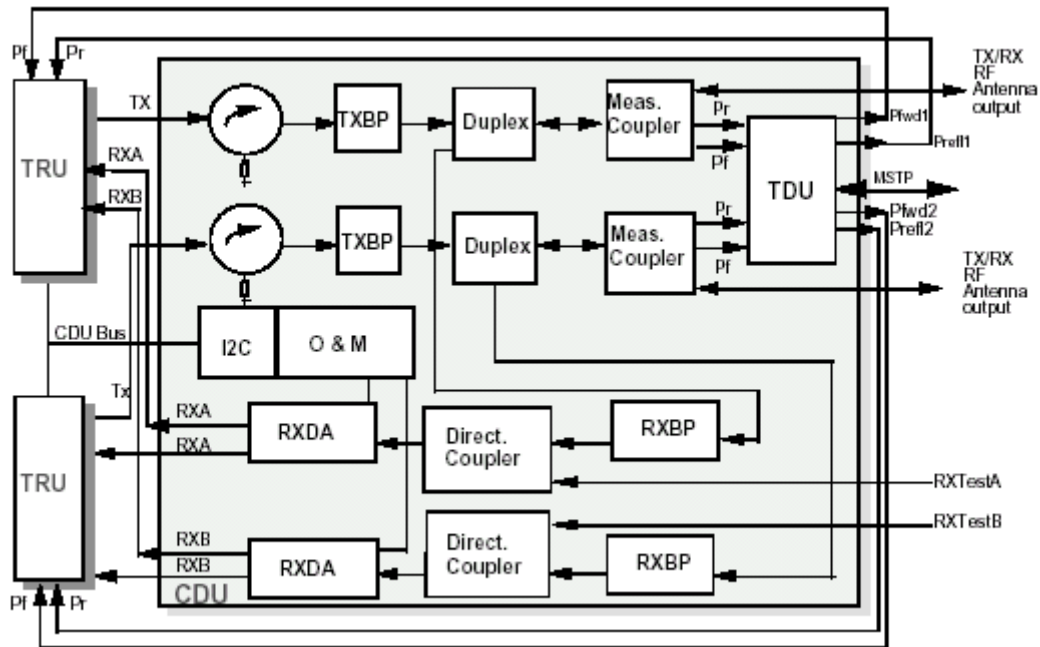


Figura 4-28 Diagrama de bloques del CDU-A

El CDU A es usado cuando las células están optimizadas para cobertura amplia ya que este CDU está diseñado para maximizar la salida de potencia.

Sus principales características son:

- Máximo 2 TRU por célula.
- Salida de potencia de 43.5 dB.
- Sin limitaciones en la planeación de frecuencias.
- Su separación de frecuencia requerida es de 400 kHz.

CDU C

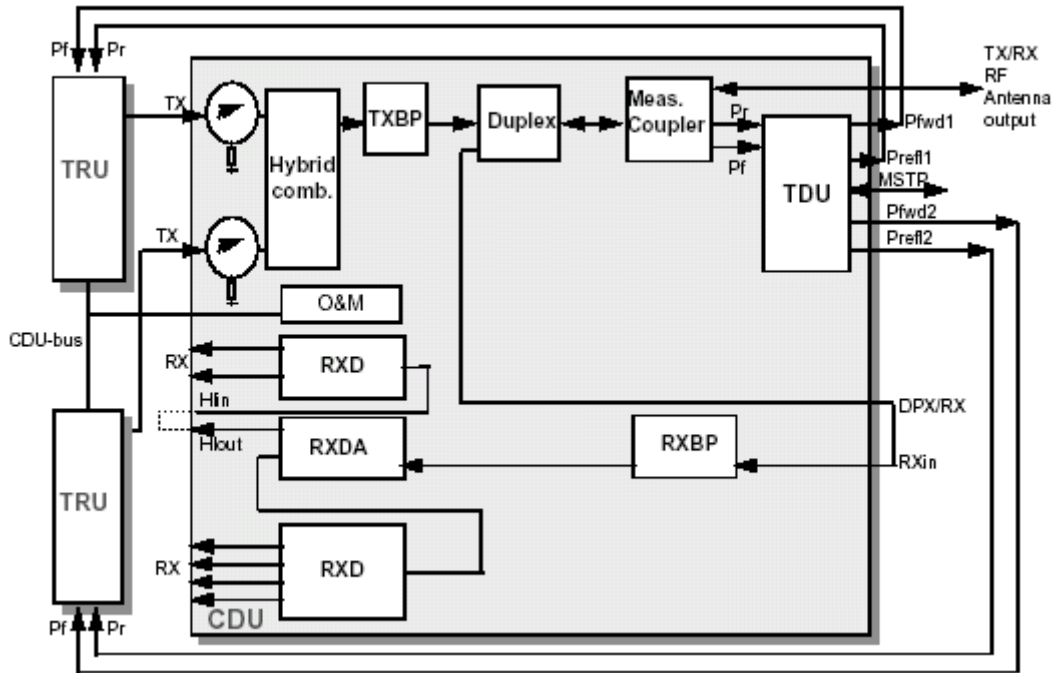


Figura 4-29 Diagrama de bloques del CDU-C

El CDU-C será usado cuando se optimice la célula para capacidad media, ya que el número posible de TRU's es mayor comparado al CDU-A. La salida de potencia es independiente del número de TRU's en la célula.

Sus principales características son:

- Un máximo de 6 TRU's por célula.
- Salida de potencia de 40 dB.
- Separación de frecuencia requerida de 400 kHz.

CDU C+.

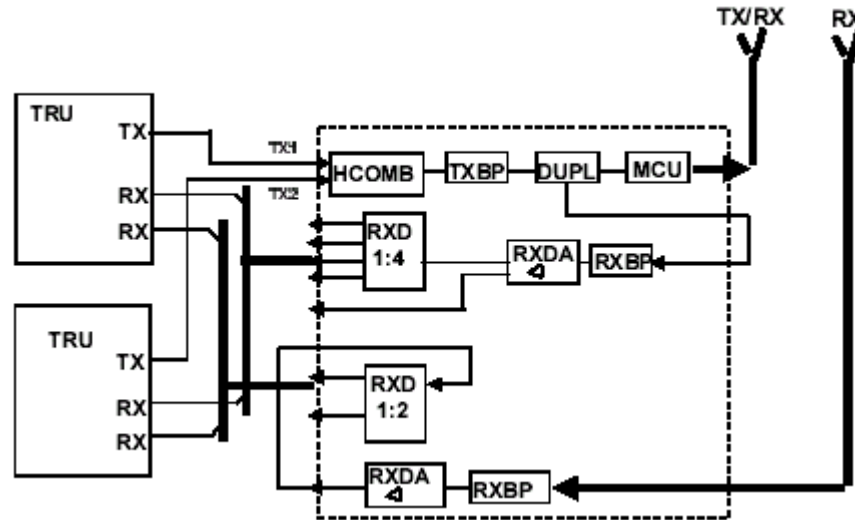


Figura 4-30 Diagrama de bloques del CDU-C+

El CDU-C+ es usado cuando se optimiza la célula para capacidad media, ya que el número posible de TRU's es mayor comparado al CDU-A. La salida de potencia es independiente del número de TRU's en la célula. El CDU-C+ reemplaza al CDU-C.

Sus principales características son:

- Un máximo de 6 TRU's por célula.
- Dos trayectorias de receptor.
- Salida de potencia de 40 dB.
- Separación de frecuencia requerida de 400 Khz.

CDU D.

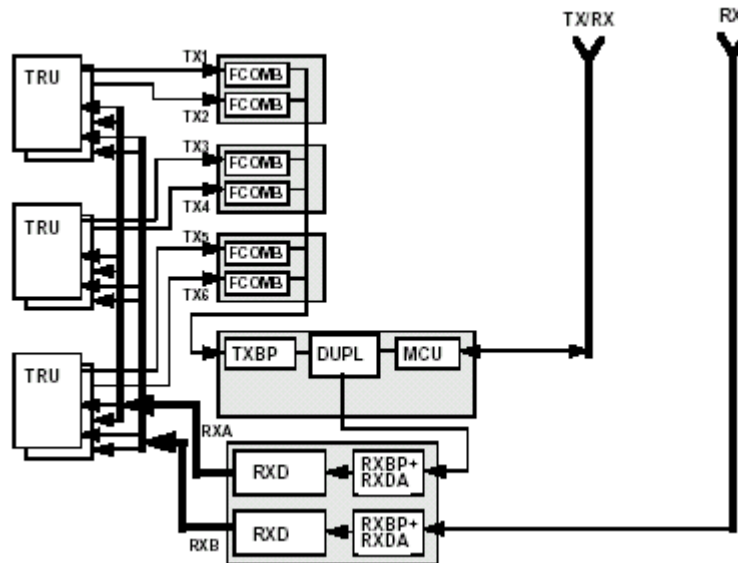


Figura 4-31 Diagrama de bloques del CDU-D

El CDU D será usado para optimizar la célula para mayor capacidad, ya que el número posible de TRU's por célula es mayor para este CDU comparado a cualquier otro tipo de CDU.

Las principales características:

- Un máximo de 12 TRUs por célula.
- El CDU-D tiene un tamaño físico de 3 CDU-A o 3 CDU-C o C+.
- Una salida de potencia de 40.5 dB.
- Debe utilizarse salto de frecuencia en banda base.

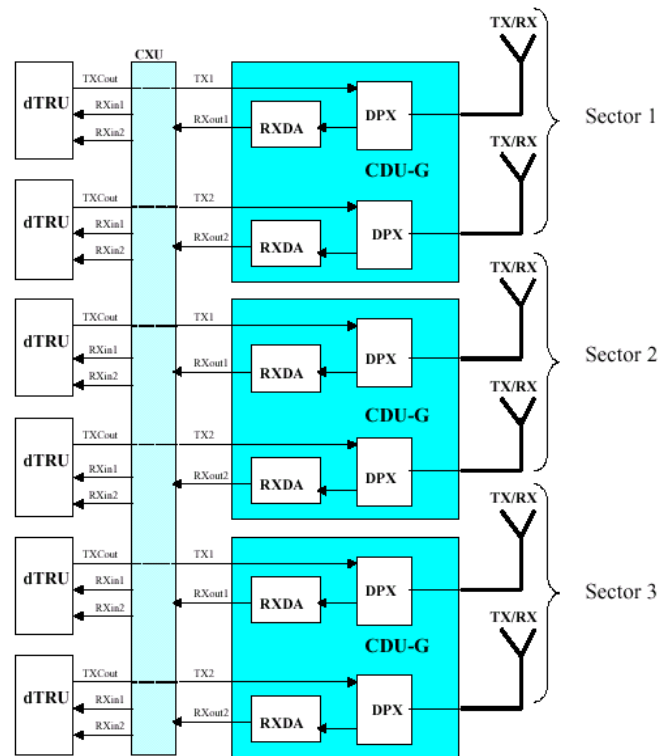


Figura 4.32 Diagrama de bloques del CDU G.

Las principales características del CDU-G son las siguientes:

- Hasta 4 TRX's por dos antenas o una dual polarizada
- Presenta limitaciones en la planeación de frecuencias.
- La separación de frecuencia requerida es de 400 kHz.
- Configuraciones con y sin combinación híbrida.
- Máximo 12 TRX's por gabinete cuando se utilizan híbridos en los dTRUs y 6 si no son usados

4.3.4 Unidad de control de energía (ECU).

La ECU controla y supervisa el equipo de energía y clima para regular las condiciones de energía y condiciones ambientales dentro del gabinete para mantener al sistema en operación. Se comunica con el DXU por el bus local. Las unidades principales en el sistema de energía y clima son:

- Unidades de suministro de energía (PSU).
- Unidad fusible de batería (BFU) incluye baterías.
- Unidad de conexión de AC (ACCU).

- Gabinete de clima con unidad de control de clima (CCU), calentador, enfriador activo y modificador de calor (gabinetes exteriores).
- Ventiladores controlados por unidades de control de ventilador (FCU).
- Sensores de clima, es decir sensores de temperatura y humedad.

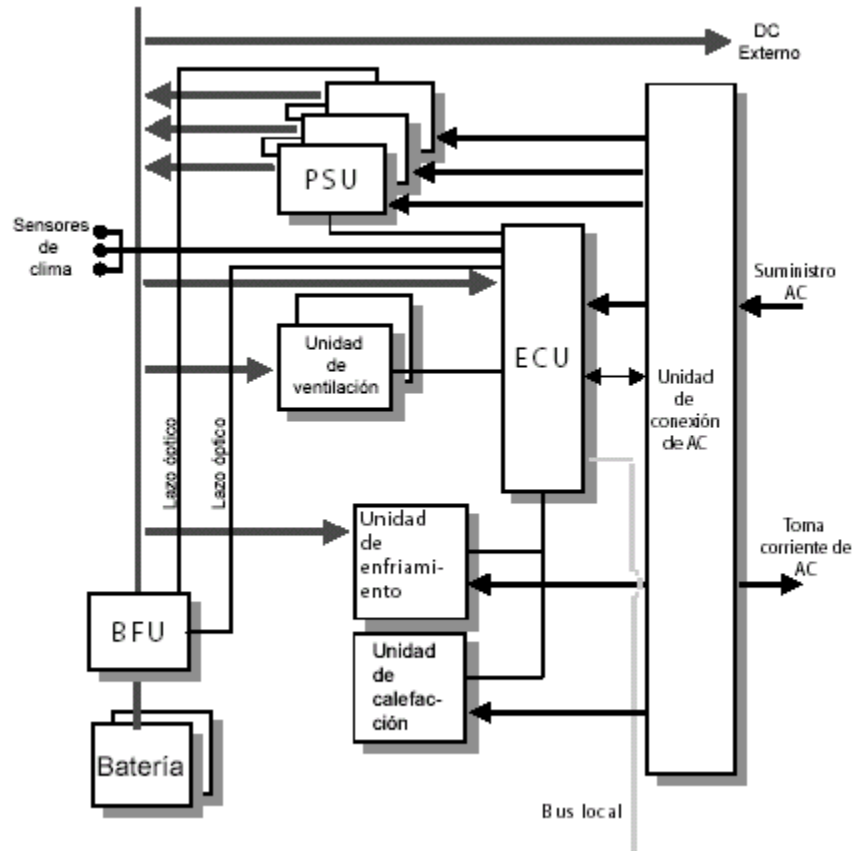


Figura 4-33 Clima y energía.

La figura 4-33 muestra el sistema de energía y clima completo de una manera simplificada. La energía de CA para la RBS es canalizada a través de la unidad de conexión de CA (ACCU) y distribuida a las unidades de suministro de energía (PSU), equipo de aire acondicionado y equipo de calefacción. En las PSU's la CA se rectifica a +24 VDC, que es el voltaje del sistema, y entonces es distribuido a las unidades que lo utilizan sobre el módulo de distribución interna (IDM) que proporciona una protección de ruptura de circuito para los módulos de la estación base. Las baterías están conectadas al sistema de energía por medio de la unidad fusible de batería (BFU) que controla la carga y descarga de las baterías. El ECU está en el centro de todo esto y supervisa y controla el sistema de energía por medio de un lazo de fibra óptica, donde se envían los datos de control y la información. El ECU puede obtener energía de tres maneras diferentes dependiendo del estado del sistema de energía. El ECU también controla y supervisa al sistema de clima. Sensa el clima utilizando sensores de temperatura y sensores de humedad (sólo en gabinetes externos) para las entradas de las unidades de clima, de manera que, la temperatura y humedad dentro del gabinete se mantenga entre los límites permitidos. Si estos límites son excedidos las unidades de la RBS se apagan para prevenir un daño. De una manera simplificada los ventiladores dentro del gabinete están constantemente en funcionamiento para dar circulación al aire interno. Las unidades de calefacción enfrían o calientan (según sea el caso) el flujo de aire interno.

En los gabinetes interiores que se instalan dentro de un contenedor, el ACCU, el enfriador, el calentador, la BFU y las baterías no están dentro del gabinete. Los PSU's están conectados directamente al voltaje de CA. El ECU está energizado solamente por CD. El BFU y las baterías pueden estar montadas en un banco de baterías opcional. Debido a que el contenedor está climáticamente protegido, las unidades de enfriamiento y calefacción no son parte del gabinete.

Sistema de energía

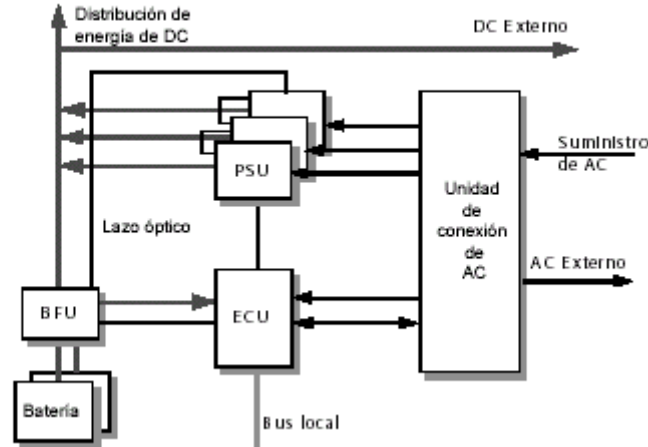


Figura 4-34 Sistema de suministro de energía de la RBS para exterior

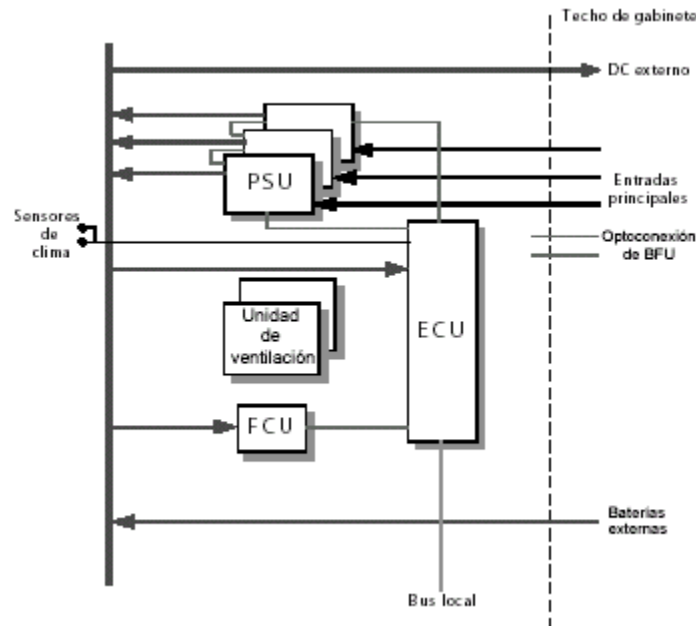


Figura 4-35 Sistema de suministro de energía de la RBS para interior

En las figuras 4-34 y 4-35 se muestran sólo el sistema de energía las unidades serán explicadas de manera breve a continuación.

Unidad de conexión de corriente alterna (ACCU).

En las versiones de RBS 2000 exteriores, el ACCU distribuye la energía de AC a los PSU's, unidades de clima y contacto de servicio. Los relevadores dentro de la ACCU se usan para controlar la distribución la energía y que esta sea distribuida a las unidades correctas. El ECU

controla los relevadores de potencia. Los relevadores proporcionan senseo de potencia y fase de la entrada de energía. El ACCU también proporciona 24 VCA a el ECU, que es usado durante el inicio, antes de que los PSU's estén proporcionando cualquier salida de CD.

4.3.5 Unidad de suministro de energía (PSU).

El PSU convierte la energía de CA entrante a los +24 VCD requerida por el sistema de distribución interna. Actualmente, el voltaje de salida por defecto de los PSU's es 27 VCD, la razón de esto es para eliminar los declives de energía en carga pesada, por ejemplo el tráfico alto y recarga de baterías al mismo tiempo hay también una versión de PSU que convierte – 48 VCD entrante al voltaje de directa interno. Este es usado en gabinetes interiores instalados en ambientes donde los – 48 VCD es el estándar común para otro equipo.

La salida de los PSU's está controlada y supervisada por el ECU. Los PSU's pueden trabajar en dos modos diferentes:

- Modo de compartimiento de carga. Entonces el ECU controla la salida por medio de la fibra óptica.
- Modo independiente. Entonces el ECU no tiene contacto con el PSU sobre el lazo de fibra óptica y el PSU entonces proporciona la energía de salida preestablecida.

El número de los PSU's depende de la configuración de los gabinetes, si debe haber redundancia de energía o no, y si el banco de baterías está conectado. Las reglas básicas son:

- Mínimo dos PSU's independientes de gabinete.
- Un PSU adicional por dos TRU's.
- Un PSU adicional si habrá redundancia o si el banco de baterías está conectado.

Si los gabinetes están conectados directamente a los 24 VCD no son necesarios los PSU.

Módulo de distribución interna (IDM).

El IDM es un panel para distribuir la energía interna de +24 VCD para las varias unidades dentro del gabinete. Cada circuito de distribución interna está unido al IDM. El IDM también proporciona un punto de tierra para conectar el brazalet antiestático.

Unidad fusible de batería (BFU).

Si se instalan baterías se coloca un BFU en el gabinete. El BFU contiene un interruptor de circuito de batería (100 A) y conecta las baterías a la barra interna de CD de +24 V. En la RBS 2101 el módulo de distribución de batería es el que se encarga de esta tarea.

El BFU, bajo la supervisión del ECU, controla el uso de las baterías como una fuente auxiliar de energía de CD para la estación base. El BFU desconecta las baterías cuando la salida de voltaje de CD es muy bajo (21 VCD). Los sensores de temperatura están montados bajo las baterías para que el suministro de energía pueda estar regulado contra daños a éstas cuando están muy calientes o frías.

Ver anexo de RBS 2206

4.4 Terminal de operación y mantenimiento.

El DXU tiene el puerto OMT RS 232 para comunicarse con la terminal de operación y mantenimiento, esta terminal es un software diseñado para la familia de estaciones base RBS

2000. Es usado para realizar tareas de operación y mantenimiento en el sitio o de manera remota desde el BSC. El OMT corre bajo el ambiente Windows 9[12].

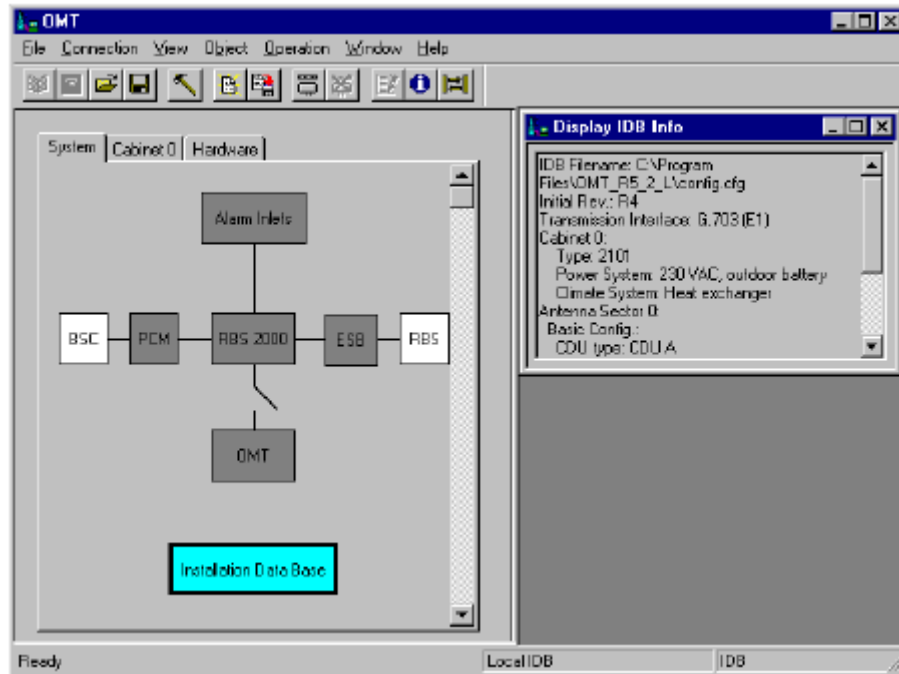


Figura 4-36 Interfaz OMT

El OMT se usa durante el proceso de prueba de la estación base de radio (RBS), tanto en el almacén de fábrica como en el sitio. Se usa para actualizar y mantener la base de datos de instalación de la RBS (IDB), definición de las alarmas externas, y durante la realización de las funciones de mantenimiento correctivo y preventivo en las RBS 2000. Las funciones principales que el OMT realizará son: monitoreo de las alarmas internas de los gabinetes en el proceso de localización y resolución de problemas, operación de realización de IDB, definición de alarmas externas y equipo auxiliar relacionado a la antena, y verifica el estado de la configuración de las unidades de radio en el gabinete.

En la ventana principal del OMT hay una ventana de vista, que en este caso es la vista del sistema. Toda la información del sistema está desplegada en una ventana separada. Varias ventanas pueden abrirse al mismo tiempo. Hay una barra de estado en la parte baja de la ventana principal. La barra de estado muestra el estado vigente del OMT y el objeto seleccionado o texto de ayuda para la opción de menú seleccionada.

Hay una barra de herramientas en la parte superior de la ventana principal. La barra de herramientas muestra las operaciones más comunes en el menú.

Los diferentes menús principales:

File: este menú contiene todos los comandos relacionados a la IDB, por ejemplo, "leer IDB" e "instalar IDB". Estos comandos pueden encontrarse también en el menú de operación cuando un objeto de IDB se selecciona. En el menú File está también el comando de salida, que cierra la aplicación OMT. También pueden encontrarse en el menú File las preferencias donde se especifica el directorio de raíz de configuración de campo.

Connection: este menú contiene los comandos que manejan la conexión entre el OMT y la RBS. Estos comandos pueden encontrarse también en el menú de operación cuando un objeto de OMT se selecciona.

View: este menú hace posible seleccionar diferentes vistas: vista del sistema, vista de gabinete, vista del hardware y vista de MO.

Object: los diferentes objetos para la vista seleccionada puedes encontrarse en este menú.

Operation: este menú contiene las diferentes operaciones que están disponibles para el objeto seleccionado.

Window: los comandos que se usan para arreglar ventanas e iconos se encuentran en este menú.

Help: este menú ofrece comandos que despliegan páginas de ayuda ya sea para la aplicación de OMT o para herramientas de ayuda.

Estados del OMT.

El OMT opera en uno de cinco estados diferentes: inicial, IDB local, conectado (sin IDB), conectado (IDB local) y conectado. El estado actual del OMT está desplegado en la barra de estado. Algunas operaciones no pueden realizarse en todos los estados. Los elementos del menú que representan las operaciones no disponibles en el estado presente están desactivados y desplegados en texto gris. No todos los objetos están disponibles en todos los estados, aun cuando es posible mostrarlos en la pantalla.

Inicial: el OMT está en estado inicial cuando abre el programa. En este estado, el OMT no está conectado a la RBS y no opera sobre ninguna IDB. La única vista disponible es este estado es la vista del sistema.

IDB local: en este estado, el OMT no está conectado a la RBS, pero está operando en una copia local de la IDB en el OMT. Todas las vistas excepto la vista de MO están disponibles en este estado.

Conectado (sin IDB): Aquí el OMT está conectado a la RBS pero no tiene acceso a ninguna copia de IDB. La única vista disponible en este estado es la del sistema. El estado de conectado (sin IDB) debe ser visto como un estado transitorio, debido a que este estado no ofrece operaciones nuevas o funciones comparadas a los estados de conectado o IDB local.

Conectado (IDB local): ahora el OMT está conectado a la RBS y opera con una copia de la IDB local. Todas las vistas están disponibles excepto la vista de MO. El estado conectado (IDB local) debe ser visto, como el estado de conectado (sin IDB), como un estado transitorio.

Conectado: en este estado, el OMT está conectado a la RBS y opera con una IDB, que ha sido copiada en la RBS o leída de ésta. La IDB en el OMT no es actualizada automáticamente cuando ésta cambia en la RBS. Todas las vistas están disponibles en este estado.

Relaciones entre los estados:

La figura 4-37 muestra los cinco estados diferentes y sus relaciones con los otros. Los dos estados de conectado (IDB local) y conectado están en el mismo cuadrante. La diferencia es que en el estado conectado el OMT opera sobre una copia de la IDB de la RBS mientras en el estado conectado (IDB local) el OMT opera sobre una IDB local. El OMT puede operar en diferentes estados. En la ilustración gráfica los renglones representan los cambios de estado cuando los diferentes comandos son ejecutados. Por ejemplo, si el OMT opera en el estado inicial y el

comando de conexión es ejecutado, el estado del OMT cambia a el estado conectado (sin IDB). El estado puede también cambiar si algo inesperado pasa, por ejemplo, si el cable entre la PC y la RBS es removido cuando el OMT está en el estado conectado.

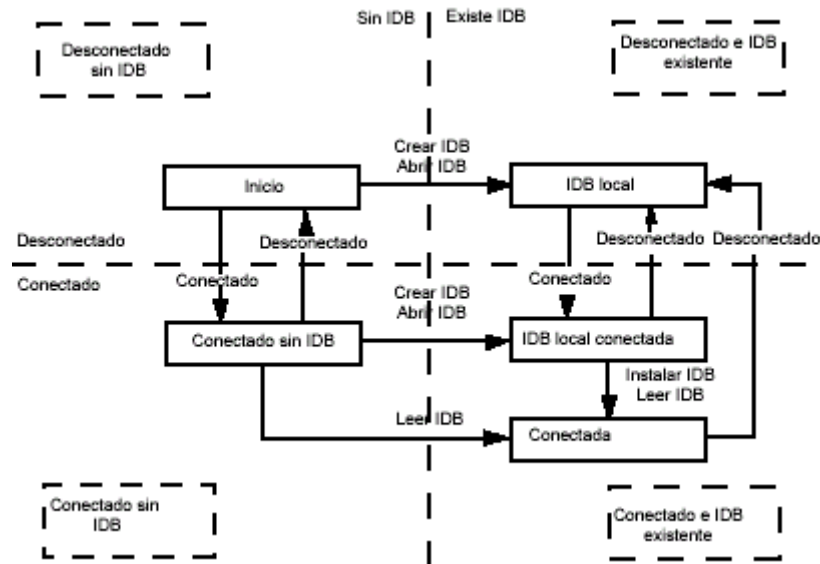


Figura 4-37

Vistas.

Una vista despliega el sistema RBS 2000 gráficamente. Una vista contiene varios objetos, que representan una unidad de hardware o una unidad lógica como el PCM, alarmas y objetos en la vista MO. El número de objetos en la vista del sistema es fijo. El número de objetos en las otras vistas puede cambiar dependiendo de la configuración de la IDB presente.

Vista del sistema.

La ventana de vista del sistema muestra una vista general de la RBS y su ambiente. La vista del sistema se despliega cuando el OMT es iniciado.

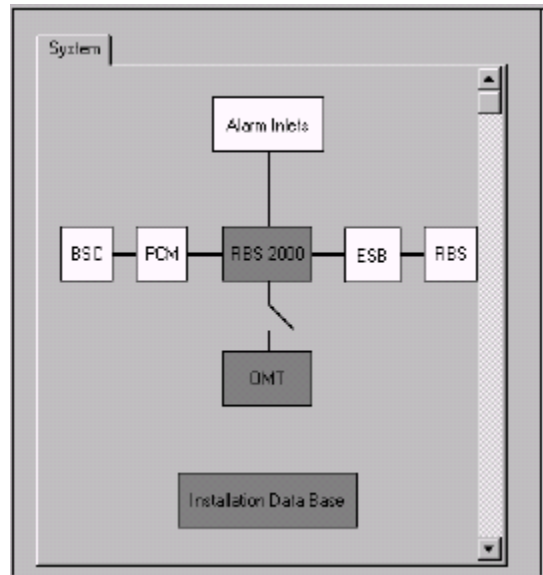


Figura 4-38 Vista del sistema.

Vista del gabinete:

La vista del gabinete muestra los elementos de hardware en la RBS. Todos los objetos que pueden ser seleccionados cuando esta vista está activa no están visibles en pantalla. Estos objetos ocultos se pueden seleccionar con el menú objeto. Los sensores y los cables son ejemplos de objetos ocultos.

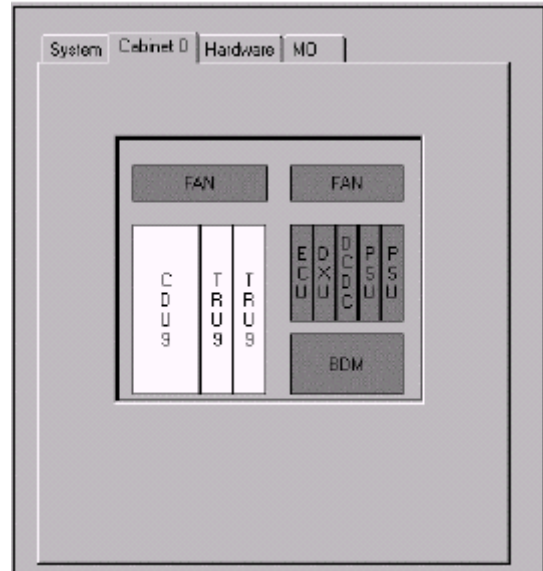


Figura 4-39 Vista del gabinete

Vista de hardware.

La ventana de vista de hardware muestra la estructura esquemática de las RBSs. Hay objetos ocultos como sensores y cables. Estos objetos puedes seleccionarse a través del menú de objeto.

En la IDB local, estado conectado (IDB local) y estado conectado es posible ver las conexiones de TX, RXA y RXB. En el estado conectado también es posible iniciar el monitoreo del estado de fallas, las fallas serán desplegadas de color rojo para las conexiones de TX, RXA y RXB.

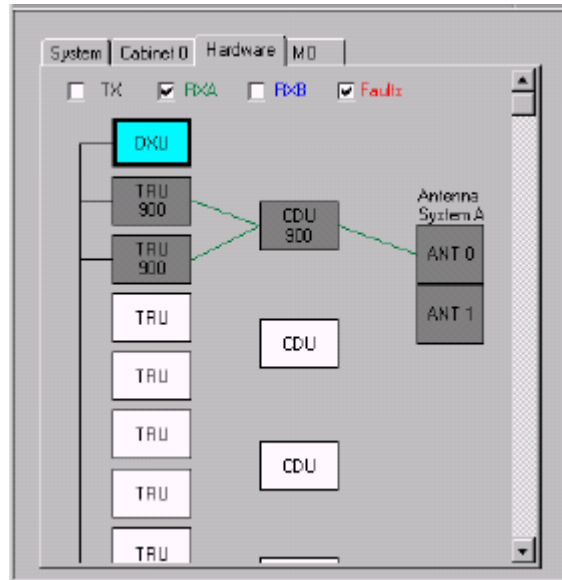


Figura 4-40 Vista del hardware

Vista de MO.

La ventana de la vista de MO muestra los objetos de aplicación y los objetos de servicio. Estos objetos están también en el modelo del BSC de la RBS. La sección de TRXC seleccionada se muestra en la ventana, en este caso TRXC 0. Seleccionado 1 en la casilla de sección de TRXC, la vista cambiará mostrando TRXC 1.

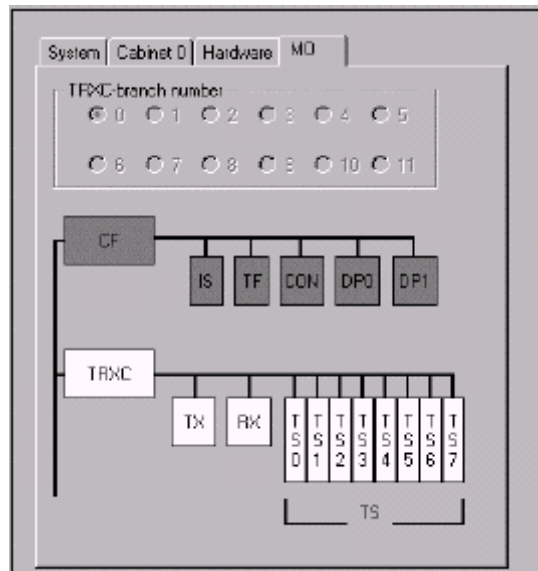


Figura 4-41 Vista de los Objetos Manejados

Objetos: la vista seleccionada muestra varios objetos, que representan una unidad de hardware o una unidad lógica, por ejemplo, los objetos en la vista MO o en la PCM, pueden ser seleccionados si están iluminados en gris. Se despliega un mensaje en la barra de estado cuando se trata de seleccionar un objeto no achurado. El objeto que se selecciona que es sobre iluminado y el nombre

del objeto aparece en la barra de estado. Los objetos ocultos, por ejemplo, los cables pueden encontrarse en el menú de objeto.

Para seleccionar un objeto se sigue el siguiente procedimiento:

1. Seleccionar una vista.
2. Seleccionar un objeto por medio de su símbolo en la vista.
3. El objeto seleccionado cambia de color y el nombre se despliega en la barra de estado.

Operación: cada objeto tiene operaciones que puedes ejecutarse. Las operaciones no son las mismas para todos los objetos de aquí que las opciones de comandos en el menú de operación cambian dependiendo del objeto seleccionado.

4.4.1 Uso del OMT.

Debe establecerse una conexión entre el OMT y la RBS antes de que éste pueda usar la IDB en la RBS o monitorear la información. La conexión se establece con el comando de conexión. Antes de que la conexión se establezca, debe estar conectado un cable físico entre la RBS y el OMT (al DXU).

Una vez conectado el OMT a la RBS, puede leerse la IDB que ésta tiene cargada. O puede cargarse la IDB local que esté manejando el OMT.

Alarmas internas.

Durante el proceso de reparación de la estación base la función de monitoreo puede usarse para coleccionar la información acerca del estado de fallas de la RBS. Esto proporcionará a el personal técnico la capacidad de verificar fallas cuando no están presentes las indicaciones en la interfaz hombre máquina y confirmar las acciones de reparación después que una unidad de radio ha sido remplazada.

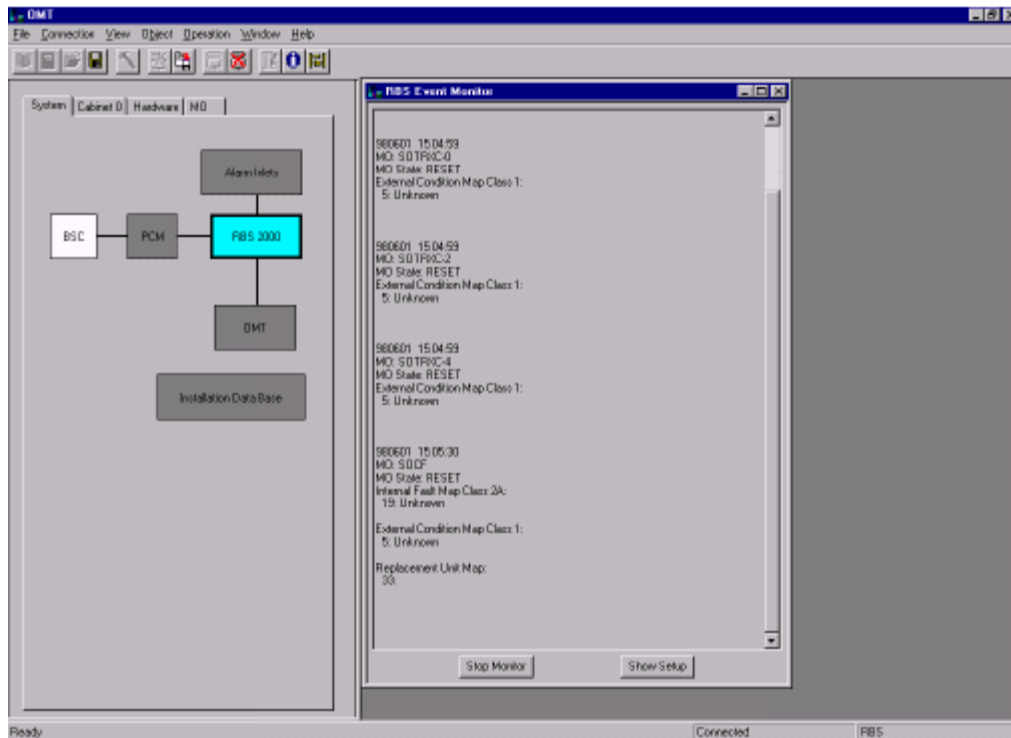


Figura 4-42 Vista de las alarmas internas

Alarmas externas y equipo auxiliar relacionado a la antena (ARAE).

El OMT es usado para definir las alarmas externas para la estación base. También es usado para definir las alarmas del ARAE. Es importante notar que durante el proceso de definición de alarmas el OMT debe estar desconectado. Para cargar las nuevas alarmas definidas, la estación base necesita estar colocada en modo local, evitando cualquier tráfico mientras la nueva IDB está siendo transferida.

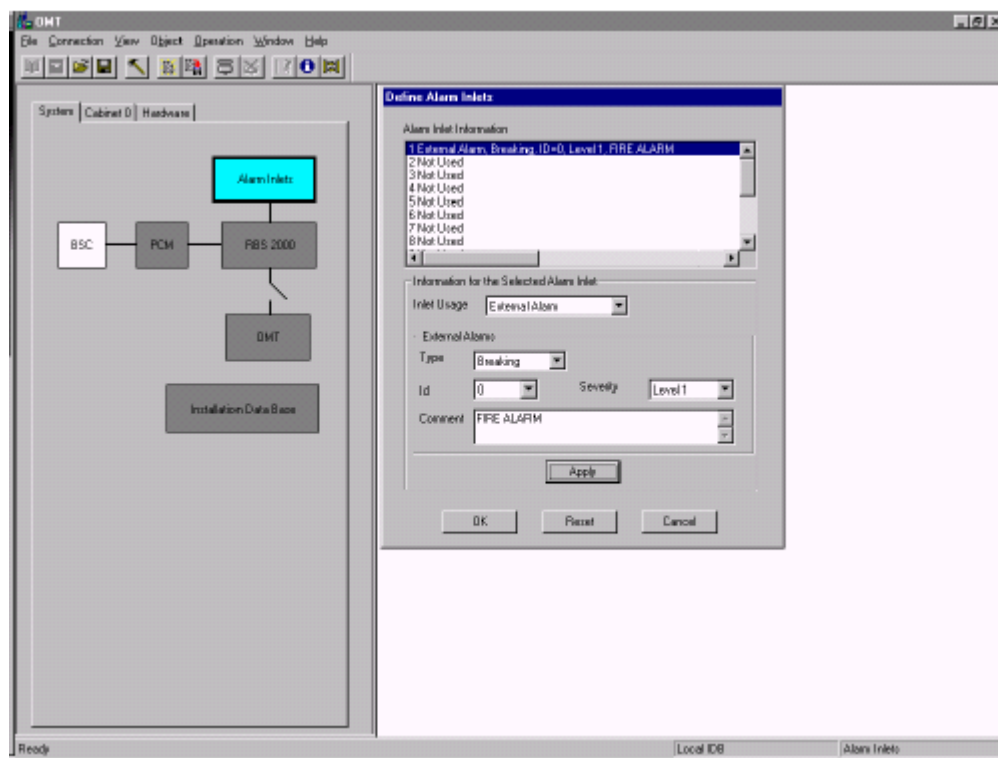


Figura 4-43 Alarmas Externas

4.4.2 Configuración de la estación base de radio.

La configuración del equipo de la RBS es el proceso mediante el cual se crea la IDB apropiada para el sitio que se va a implementar, es decir, la IDB a crear tendrá la información acerca de las características del sitio, por ejemplo, cuantos sectores va a manejar la RBS, cuantos radios por sector, el tipo de gabinete, los límites de VSWR para el arreglo de antenas y límites de corriente en los TMAs.

Por medio del comando “create IDB” puede generarse una nueva IDB. Al seleccionar este comando aparecerá el siguiente diálogo en el OMT (figura 4-44).

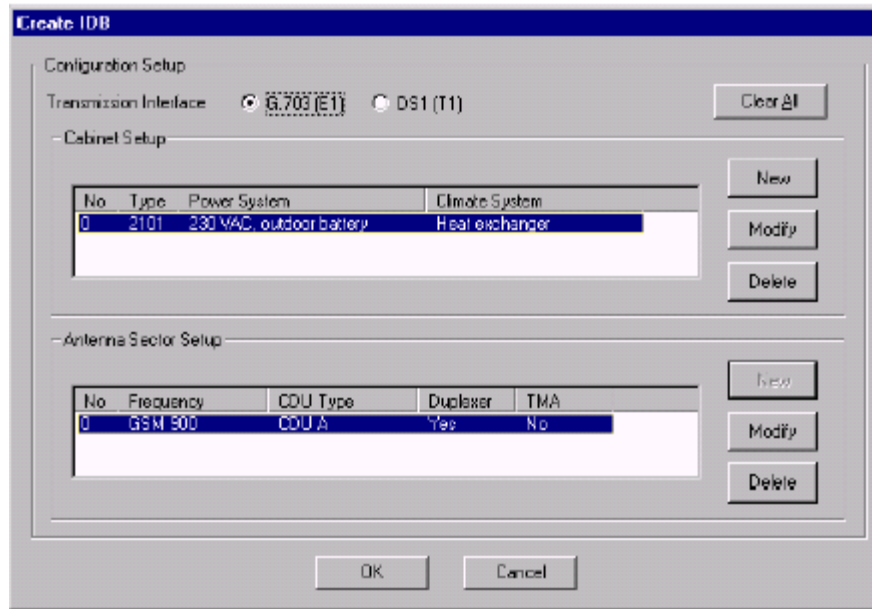


Figura 4-44

Tópicos principales.

Hay tres tópicos principales, la interfaz de transmisión, la selección de gabinete y número de sectores de antenas.

Pueden escogerse entre dos interfaces de transmisión G703 (E1) o DS1 (T1).

La selección del gabinete:

Las configuraciones de gabinete se muestran en el recuadro de lista de selección del gabinete. Para crear otra configuración de gabinete se selecciona el icono "New". Para cambiar las configuraciones de gabinete seleccionando el icono "Modify" y para borrar las configuraciones de gabinete seleccionadas escogiendo el icono "delete".

Seleccionado "New" o "Modify" se muestra el diálogo de definición de instauración para gabinete.

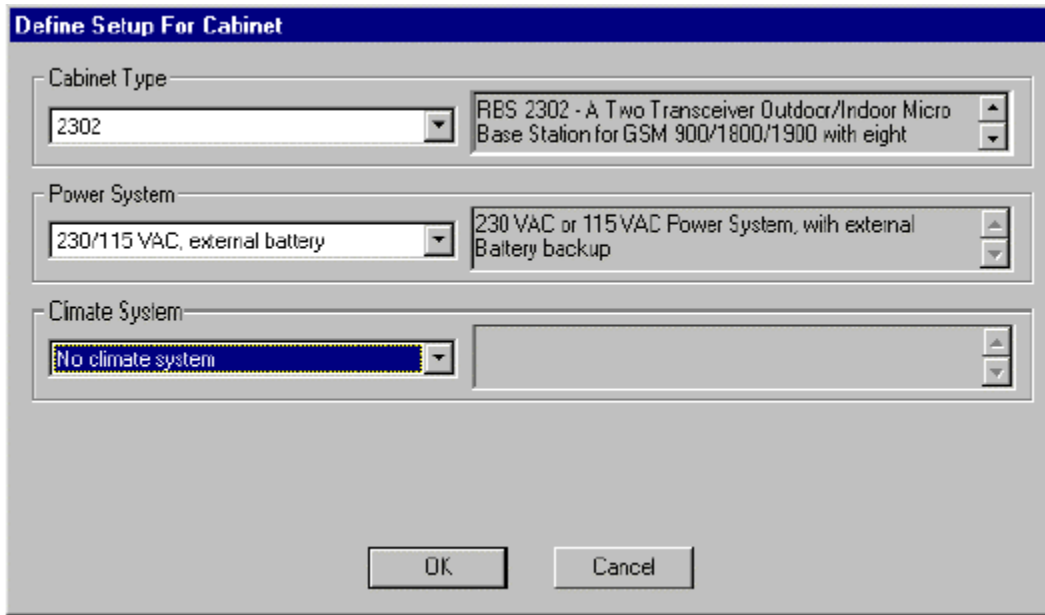


Figura 4-45

Se escoge el tipo de gabinete, el sistema de energía y el sistema de clima, se muestra una descripción corta del tipo de gabinete seleccionado. Una vez confirmado escogiendo “ok” nos regresa al dialogo de creación de IDB. Si se elige “Cancel” se cierra la ventana de diálogo sin hacer ningún cambio. Esto también nos regresa al diálogo de creación de IDB. Lo anterior se repite hasta tener el número de gabinetes correcto. Las configuraciones del sector de las antenas se muestran en el recuadro de diálogo. Se crea un sector de las antenas seleccionando “New”. Seleccionado “Modify” se cambia la instalación del sector de las antenas. Si se selecciona “New” o “Modify” nos lleva al diálogo de instalación de definición para el sector de las antenas.

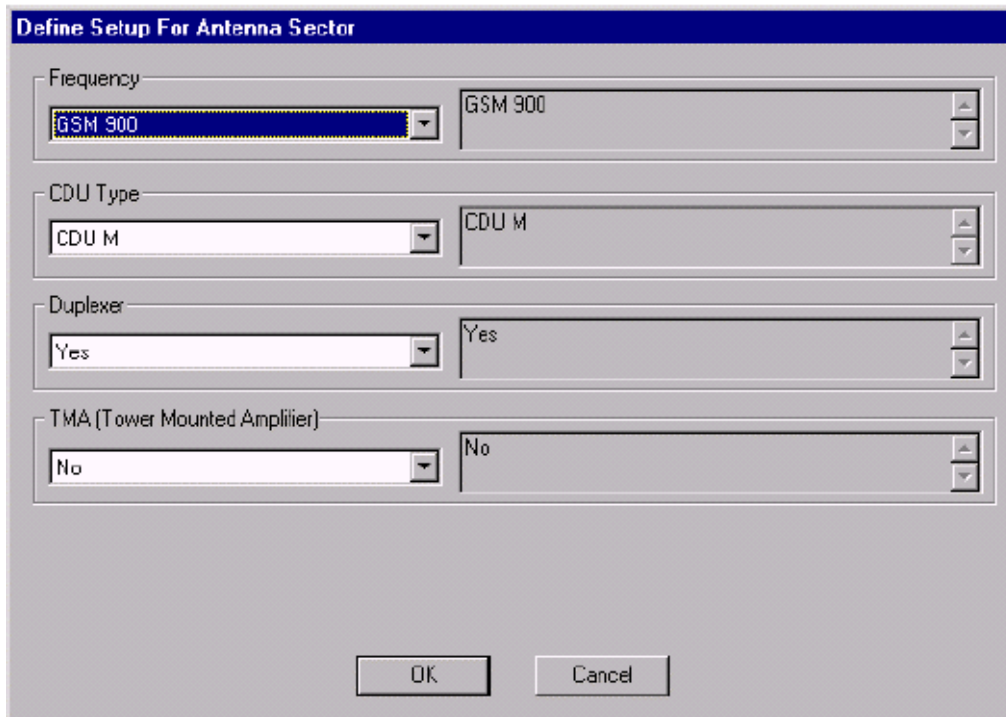


Figura 4-46 Selección de frecuencia, CDU y TMA.

Se escoge entonces la frecuencia, el tipo de CDU, duplexor y TMA (figura 4-46). Se realiza éste procedimiento hasta haber obtenido el número correcto de sectores de las antenas. Después de confirmar la información como correcta aparecerá el diálogo de selección de configuración final (figura 4-47).

Final Configuration Selection

Selected Parameters

Cabinet Setup

No	Type	Power	Climate	Cable
0	2302	230/115 VAC, external battery	No climate system	--

Antenna Sector Setup

No	Freq. Band	CDU Type	Duplexer	TMA	Antenna
0	GSM 1800	CDU M	Yes	No	AAU 500W

Select Configuration

SCC	No Of Ant.
1x2	1x2

Description

The selected configuration data are valid for maximum Site Cell Configuration: 1x2

Allowed number of TRXs:

OK Cancel

Figura 4-47 Configuración final.

En este diálogo aparece una lista de configuraciones. Se despliegan combinaciones de configuración celular de sitio (SCC) y el número de antenas posibles. Después de confirmar la configuración seleccionada el OMT pregunta si quiere modificar la IDB que tiene en uso, con aquella que se acaba de crear, al confirmar aparece el diálogo de reuso de datos de la IDB anterior, se puede escoger aquellos en los que se quiera conservar los valores anteriores o usar las configuraciones por defecto. Una vez creada la IDB debe utilizarse el comando "Modify IDB" con el cual se ponen activas varias RUs como son los TRUs, PSUs Y BFU.

Modify IDB

RU Activation

Active

- BFU-0
- PSU-0
- PSU-1

Inactive

- TRU-0
- TRU-1

OK Cancel

Figura 4-48 Modificación de IDB

En la vista del sistema se puede definir las alarmas externas, seleccionado “Alarm Intels”. Pueden definirse hasta 16 alarmas externas, pueden definirse normalmente abiertas o cerradas, y asignarles una identidad, y un texto opcional, como una pequeña descripción o nombre.

Para México se utilizan los siguientes parámetros:

Enlace: E1

Tipo de gabinete: 2202, 2102, 2602, 2601, 2302

Los sitios que existen en México son sitios de 1 a 3 sectores con uno a dos TRU's por sector. Estas configuraciones tienen descriptores, por ejemplo en los sitios de 3 sectores y dos radios por sector, de 3 X 2, es decir, el primer dígito es el número de sectores en el sitio y el segundo es el número de radios por sector que maneja la RBS.



Figura 4-49 RBS 2206



Figura 4-50 RBS 2202



Figura 4-51 RBS 2102

5.1 Procedimiento de montaje de la RBS.

Los gabinetes interiores utilizados en México pueden ser instalados por separado o en conjunto con otros equipos.

Los datos básicos para la instalación son las dimensiones del gabinete, que la puerta del gabinete se proyecta 50 mm frente del gabinete, así como, las distancias hacia la escalerilla o charola y techo.

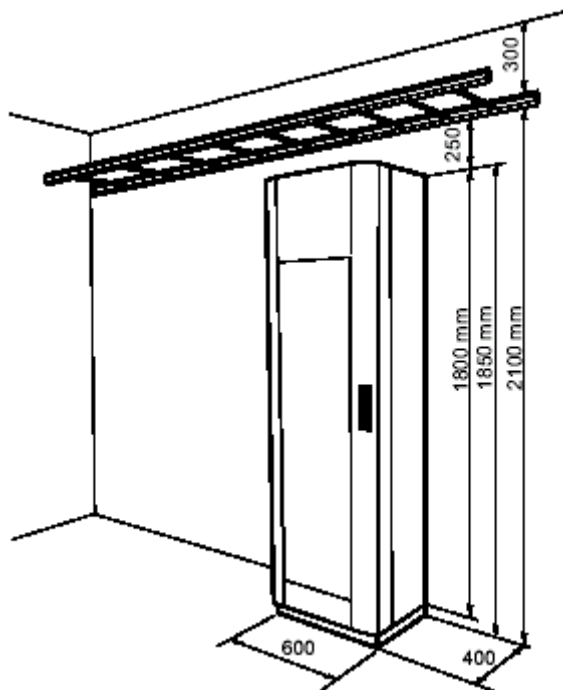


Figura 5-1 Medidas para la colocación de la RBS

La documentación del sitio de instalación es llamada “Módulo C”, y es una carpeta que contiene la información específica de sitio, que se requiere durante la preparación del mismo y en la instalación previa. Esta carpeta contiene los siguientes documentos:

- Lista de documentos.
- Lista de material.
- Lista de material de instalación.
- Datos del sitio, que son los datos de configuración.
- Plano del lugar (layout). Que es el plano de ubicación, el sistema de aterrizaje debe de estar indicado en el diseño ya que esta información se vuelve necesaria para la preparación del sitio.
- Dibujo del detalle de colocación de antenas de acuerdo al diseño.
- Dibujo de la terminal. Un dibujo que muestra las conexiones de la guía de onda de la antena a la placa de conexión en la parte superior del gabinete. Diferentes configuraciones de célula requieren diferentes patrones de conexión.

La instalación es recabada por el responsable de ingeniería de instalación.

Antes de iniciar el trabajo de instalación se deben de cubrir las siguientes condiciones:

- Permiso de acceso al sitio disponible.
- Módulo C disponible.
- El sitio debe estar acorde a la planeación de piso contenida en el módulo C.

- La energía debe de estar instalada y probada para 230 VCA ó –48 VDC ó +24 VCD.
- Montacargas disponible con 300 Kg. de capacidad.
- Herramientas y accesorios recomendados disponibles.
- Se haya entregado en sitio el equipo ordenado para instalar.

5.1.1 Instalación exterior.

La instalación exterior es aquella que se realiza fuera del contenedor del gabinete y comprende la instalación de la guía de onda (feeder), los amplificadores de bajo ruido, las antenas, conectores de la guía de onda, y los aterrizajes. Toda la instalación se hace en la torre, por lo que los instaladores de antenas deben de tener conocimiento de manejo de equipo de seguridad, haber tomado un curso de ascenso a torres y técnicas de montaje de antenas.

Antes instalar el arreglo de antenas se debe asegurar que las siguientes actividades ya se hayan realizado:

- El mástil en la torre se encuentre en su lugar.
- Los soportes de las antenas estén instalados de acuerdo con el repote de investigación del sitio.
- Las dimensiones del soporte de la antena sean los correctos, y las direcciones sean las estipuladas en la documentación de instalación de sitio (módulo C).
- Las escalerillas se encuentren en su lugar.
- Las terminales principales de aterrizaje se encuentren en su lugar.

5.1.1.1 Guía de onda (Feeder).

Para la instalación del feeder se tienen los siguientes pasos [13]:

1. Verificar que las escalerillas u otros soportes para los feeders estén instalados y aterrizados.
2. Desempacar el feeder. El feeder puede venir en un carrete (para este caso siga el paso de 3), o lo pueden entregar en pequeños rollos, aproximadamente del tamaño necesario para la instalación (en esta caso siga el paso 4).
3. Colocar el carrete de cable en la devanadora hidráulica como se muestra en la figura.
4. Desenredar el feeder en caso de existir espacio de lo contrario el feeder se desenreda al mismo tiempo que se va subiendo, ver figura 4.
5. Montar el conector coaxial del lado que va a ser instalado en la parte superior, de acuerdo a la instrucción de instalación de conectores de feeders. Debe asegurarse que todas las partes de los conectores están apropiadamente montadas y que son utilizadas las herramientas adecuadas para asegurar el ensamble.
6. Colocar en el feeder el dispositivo para elevarlo. Este dispositivo se coloca en el feeder por medio de un nudo alrededor del feeder.. Después de esto, es necesario apretar el nudo como se muestra en figura 5-2 :

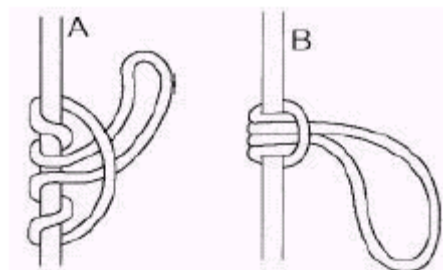


Figura 5-2 Nudo en el dispositivo de elevación del feeder.

7. Enganchar los dispositivos de elevación.
8. Elevar el feeder a la altura correcta, por ejemplo a la altura que permita mas tarde la conexión del feeder al jumper del TMA.
9. Colocar de 5 a 7 Snap-In (grapas de feeder) de tal forma que se asegure el feeder.

El radio mínimo de dobléz (mm) del feeder se indica en la tabla 5-1.

Cable feeder	Radio mínimo de dobléz
$\frac{1}{2}$ "	125 mm.
$\frac{7}{8}$ "	250 mm.
$1 \frac{1}{4}$ "	380 mm
$1 \frac{5}{8}$ "	510mm

Tabla 5-1 Radio mínimo de dobléz en el feeder.

10. Se debe cortar una cantidad de feeder de suficiente longitud, incluyendo una distancia adicional para los dobleces en el cable. Se debe mantener el feeder hacia abajo durante el corte de manera que el polvo del corte no caiga en el conductor interior del feeder. El polvo producido en el corte puede tener efectos adversos en las características de transmisión.

Tener en cuenta que la longitud de el feeder depende de la longitud predeterminada del jumper (guía de onda mas delgada usada para conectar el feeder y los TMA's) a ser conectado a la RBS (*al Bias Duplex en caso de la configuración con CDU-A o al Bias inyector en el caso de la configuración CDU F ó G*).

No cortar el feeder demasiado corto, Esto puede provocar tensar el feeder para ganar longitud o bien haciendo los radios de dobléz demasiado pequeños.

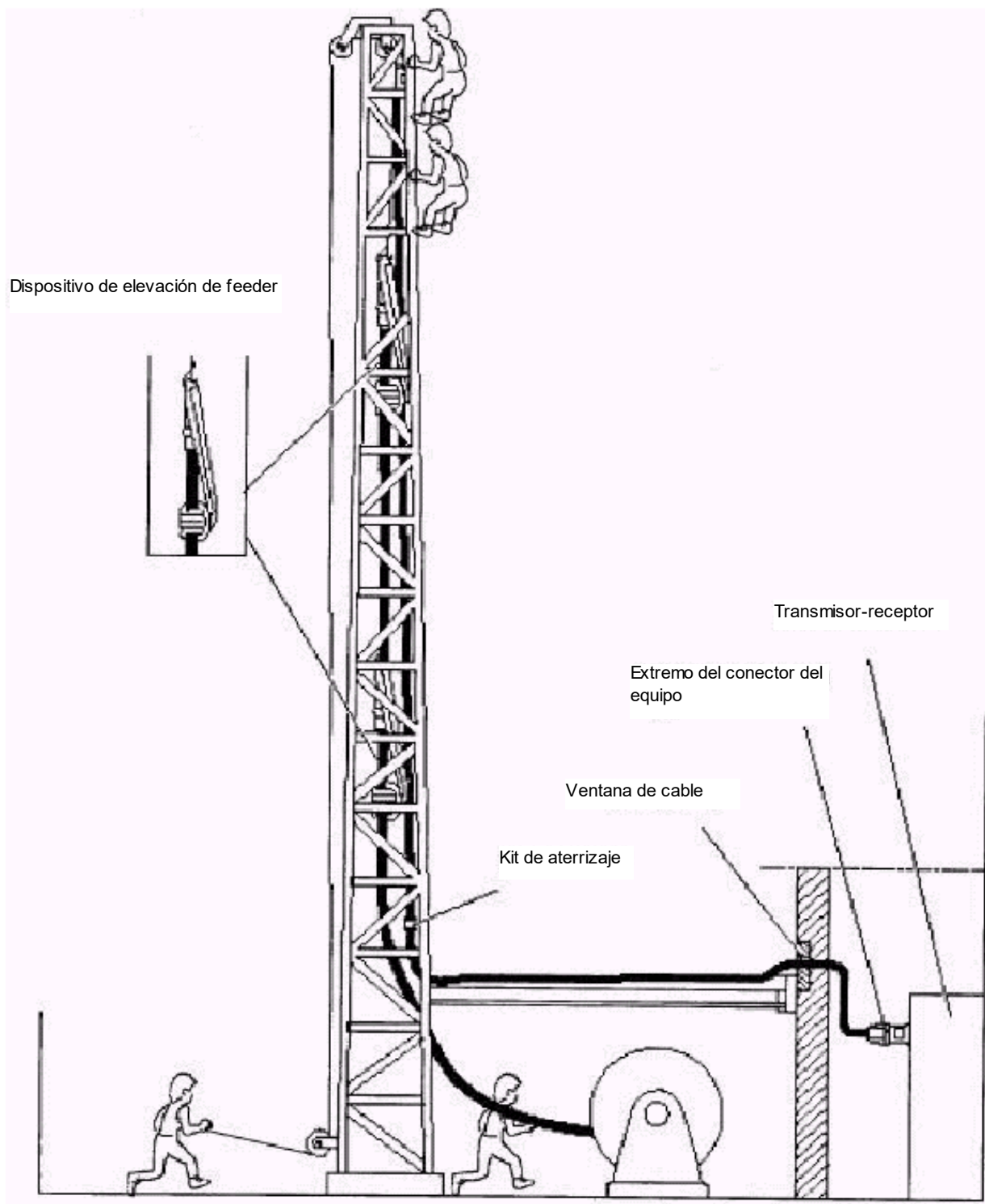


Figura 5-3 Elevación del feeder a la torre con devanadora hidráulica.

11. En caso necesario proteger el extremo cortado del feeder contra el agua y la suciedad.
12. Etiquetar provisionalmente el feeder.
13. Pasar el feeder a través de la pared o el techo. La pared o el techo deben tener instaladas las ventanas de cable, para la distribución de los feeder en la ventana de cables ver el módulo C específico del sitio.

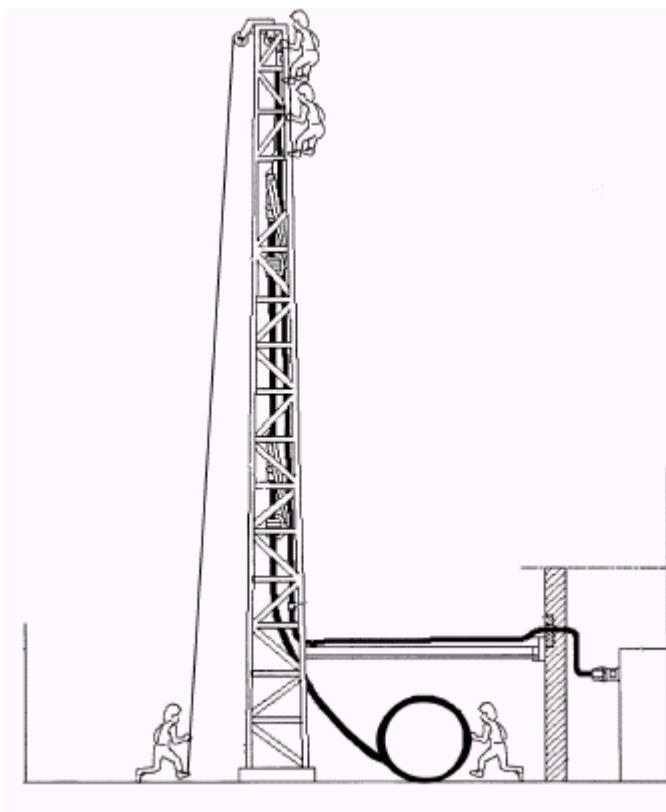


Figura 5-4 Elevación del feeder a la torre.

El feeder debe tener un dobléz con un radio mínimo por fuera de la pared o techo para dejar pasar el agua fuera de las ventanas de cable, ver la ilustración en la figura 5-5a y 5-5b.

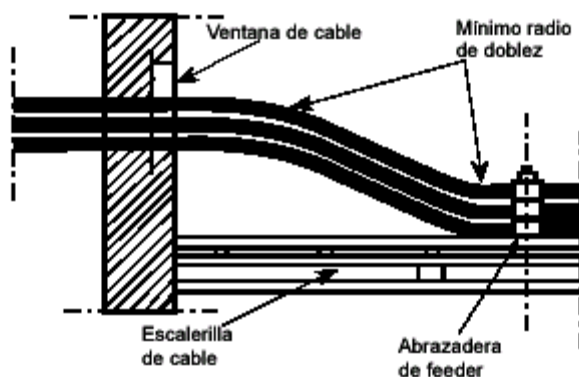


Figura 5.-5a Doblez de feeder

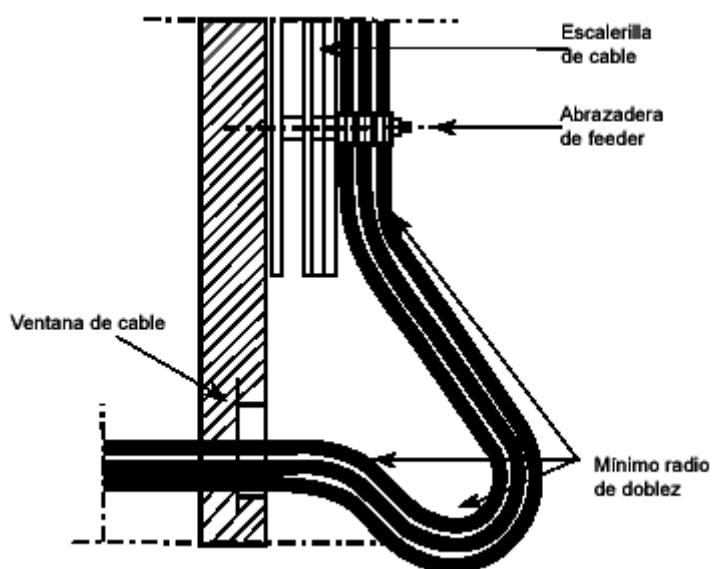


Figura 5.-5b Dobleza de feeder

14. Las acciones del paso 4 al 13 se repiten hasta que todos los feeders indicados en el módulo C estén sujetos.

15. Fijar el feeder a la torre tan recto como sea posible entre cada grapa de feeder o abrazadera.

- Para colocar los sujetadores se toma el sujetador, se introduce el feeder y se hace presión con la mano hasta cerrarlo.
- Manteniendo la presión se guían las espigas del soporte hasta el barreno de la cama del cable y se coloca una espiga.
- Manteniendo la presión se introduce la otra espiga.
- Se hace presión en el soporte hacia el barreno, hasta mantener las espigas a su tope.



Figura 5-6 Fijación de feeder con grapa (Snap-In)

16. Continuar colocando las grapas de feeder faltantes para sujetar los feeders a las escalerillas.

La distancia entre los snaps es de 0.8 m para feeder de $\frac{7}{8}$ "; 1 m para feeder de $1\frac{1}{4}$ " y 1.2 m para feeder de $1\frac{5}{8}$ ".

17. Montar el conector coaxial del otro extremo del feeder.

18. Por medio de una prueba de continuidad compruebe que los feeders están conectados a la antena correcta.

19. Etiquetar el feeder y el jumper de manera definitiva.

20. Montar los juegos de aterrizaje para exterior de acuerdo a las instrucciones de instalación.
21. Completar la fijación de los jumpers usando cinturones para cable.
22. Realizar aterrizaje de los feeders en la parte interior.
23. Sellar la ventana de cables.
24. Encintar o sellar los conectores en la parte exterior.

En la figura 5-7 y 5-8 muestra la forma en la que se sugiere que se instalen los feeders y jumpers en la plataforma de la torre.

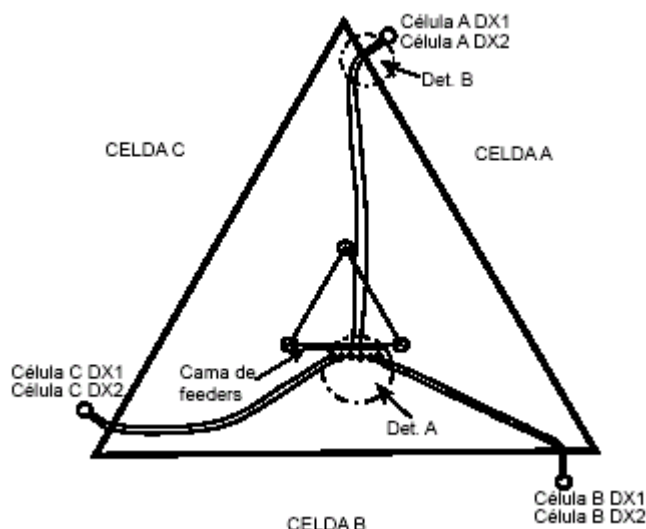


Figura 5-7 Instalación de los feeders y jumpers en la torre.

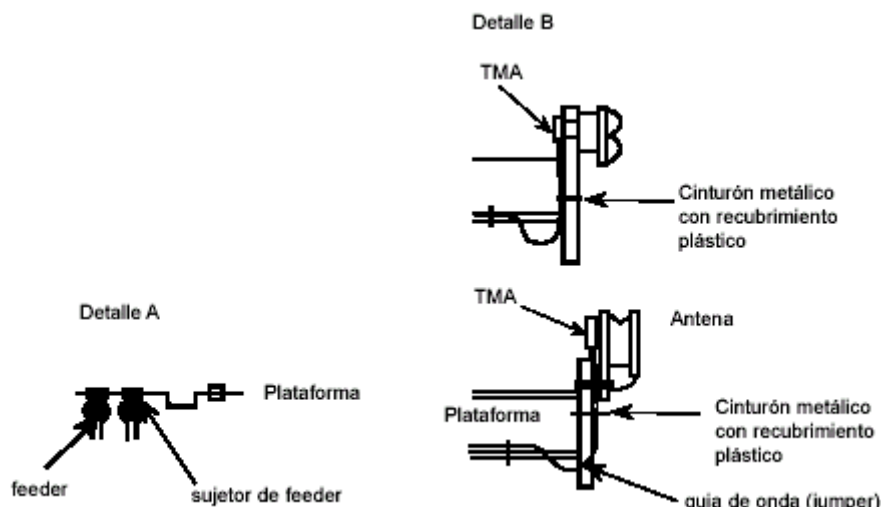


Figura 5-8 Instalación de feeders y jumpers en la torre.

Para la colocación final de los cables debe de consultarse el módulo C.

5.1.1.2 Amplificadores montados en torre TMA ó amplificadores de bajo ruido LNA.

Los TMA's a pesar de su nombre pueden ir montados sobre la pared o fijos en el mástil. Por lo general van montados sobre el mástil en la torre. En México puede decirse que en general todos están montados en mástil. Si la instalación se realiza sobre un mástil hay tres formas de realizar la instalación.

1. directo con la ayuda del cinturón metálico a la fijación del TMA.
2. con la ayuda del soporte doble de montaje.
3. con la ayuda del soporte triangular de montaje.

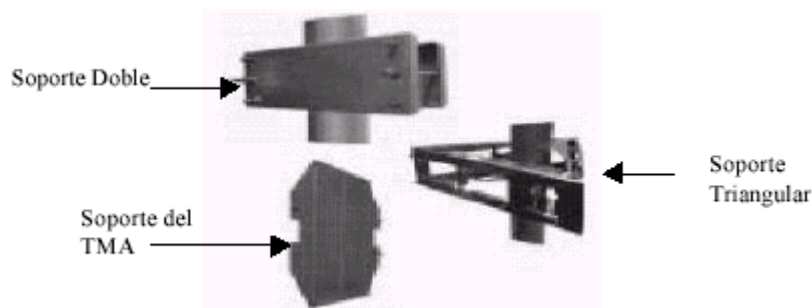


Figura 5-9 Soportes para TMA's

Los TMAs deberán ser montados lo más cerca posible de la antena de recepción (RX) y con los conectores orientados hacia abajo. En caso de no ser posible se deberá considerar el espacio de instalación para tomar la mejor alternativa.

En general en México todos los TMA's están instalados por medio de un cinturón metálico.



Figura 5.10 Sujeción de TAM's

Se coloca el cinturón metálico a través de la placa del TMA.



Figura 5-11 Colocación del cinturón.

Se coloca el cinturón alrededor del mástil.



Figura 5.12

Se inserta el extremo del cinturón dentro del seguro del mismo alrededor del mástil.



Figura 5-13

Preajustar el cinturón metálico.



Figura 5-14

Apretar el seguro del cinturón de tal forma que no se mueva el TMA en el mástil.



Figura 5-15

Cortar el exceso del cinturón con las pinzas de corte.



Figura 5-16

Los equipos pueden ser instalados espalda con espalda sobre el mismo mástil pero la ubicación para cada sitio se encuentra en los documentos de instalación de cada sitio (módulo C).

Conexión del TMA.

En caso de ser necesario se debe de parar el funcionamiento de la célula y desconectar los cables de guía de onda de RX y TX desde la antena.

Preparar el torquímetro y la llave pata de cuervo de 32 mm

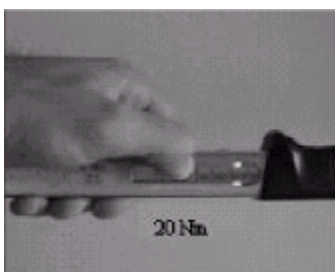


Figura 5-17 Preparación de torquímetro.

Identificar los jumpers correspondientes a cada conductor de TMA.

Apretar los conectores de los jumpers manualmente.

Apretar los conectores con el torquímetro a un par de apriete de 20 Nm[13].

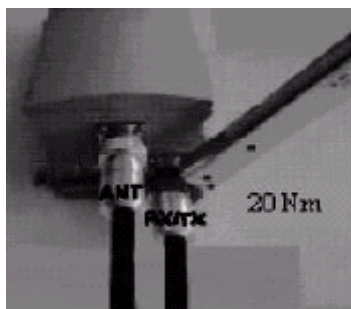


Figura 5-18 Ajuste de los jumper al TMA.

Si los cables son demasiado largos se deben de asegurar o fijar para evitar movimientos en la estructura. Es importante hacer notar que los conectores de los jumpers se deben apretar a 20 Nm en ambos extremos TMA y antenas.

Para aterrizar los equipos TMA se deberá utilizar cable de 25 mm² y la terminal para cable (ojillo) de 3/8. Para realizar el engaste de cable se utiliza una pinza hidráulica y el dado de aplicación.

Cuando en un mástil o en una sala se instalan 2 o más equipos TMA's su sistema de tierra deberá ser instalado con un puente de uno a otro, utilizando materiales idénticos de aterrizaje.

El cable de tierra deberá ser conectado a la cola de tierra del edificio o bien en el anillo de tierra de la sala del contenedor.

Romever una de las tuercas del a placa de tierra del lado derecho del TMA



Figura 5-19 Tuerca de la placa de tierra

Conectar el cable de tierra y colocar nuevamente la tuerca sobre el cable de tierra y apretar adecuadamente (13 Nm). Conectar el otro extremo del cable de acuerdo al sitio de instalación.

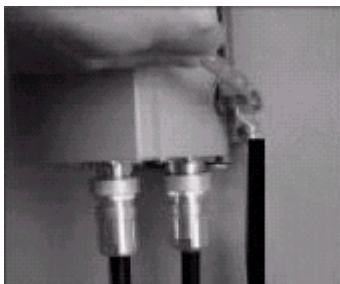


Figura 5-20 Ajuste de la tuerca.

5.1.1.3 Antenas.

Antena “Andrew”.

Para la instalación de las antenas se colocan primero los soportes en éstas, una vez montado el soporte en el panel de la antena se coloca en el mástil. La figura 5-21 muestra como instalar el soporte en el mástil, no se muestra la figura del panel de la antena sólo el de los soportes para hacer un poco más clara la explicación.

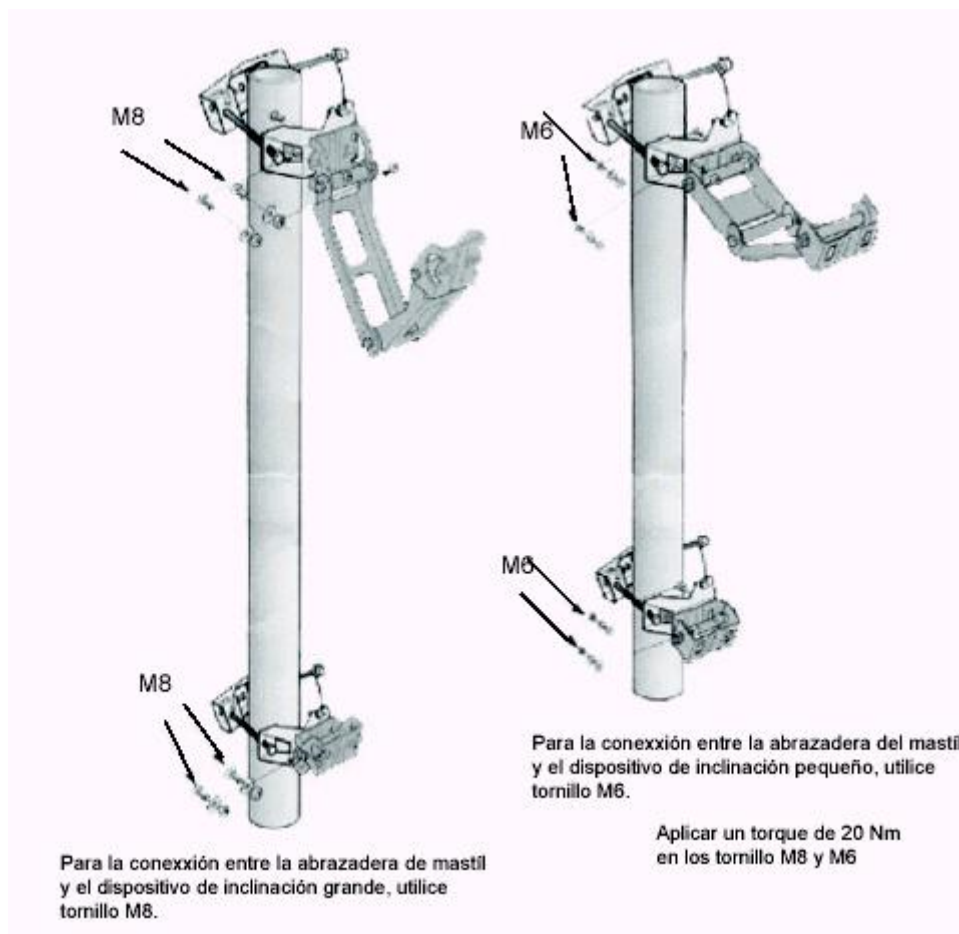


Figura 5-21 Colocación del soporte de antenas al mástil.

Las abrazaderas para mástil contienen dos juegos del material de montaje requerido para la conexión entre la abrazadera de mástil y el dispositivo de inclinación conocidos como juego M6 para el dispositivo de inclinación pequeño y juego M8 para la inclinación grande.

Antena “Decibel”.

El kit de instalación para antenas provee un sistema mecánico de inclinación. El juego está diseñado específicamente para ajustarse a los montajes de las antenas “Triple Tree”. El indicador de inclinación refleja la medida de la inclinación para una plataforma de montaje que está perpendicular a la tierra. Debe realizarse la medida de inclinación para cualquier inclinación deseada. Se recomienda usar un inclinómetro o cualquier otro dispositivo que mida los ángulos relativos al horizonte para medidas precisas de inclinación.

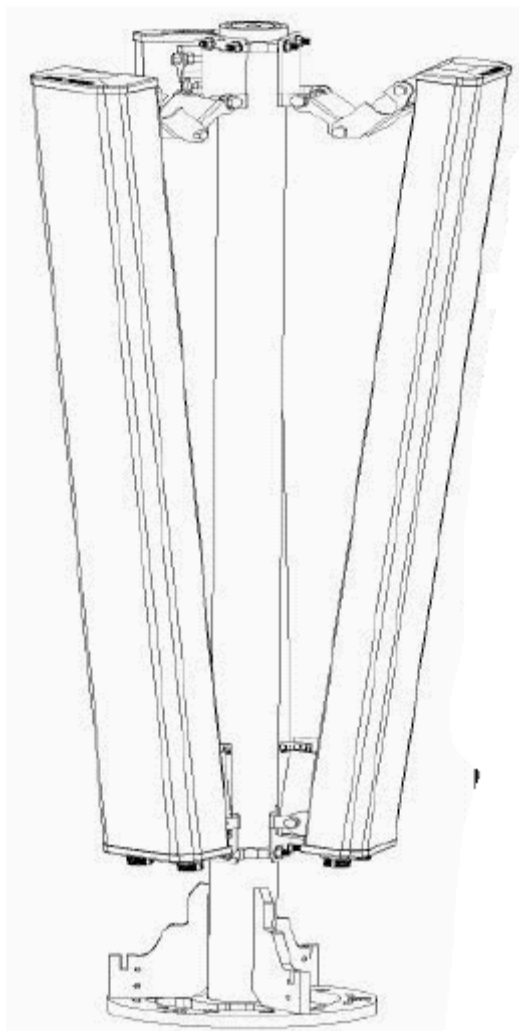


Figura 5-22 Antena Decibel Triple Tree con kit de inclinación DB5093-3.

Instrucciones de instalación:

1. Ensamblar los soportes de inclinación como se muestra en las figuras 5-23 y 5-24:

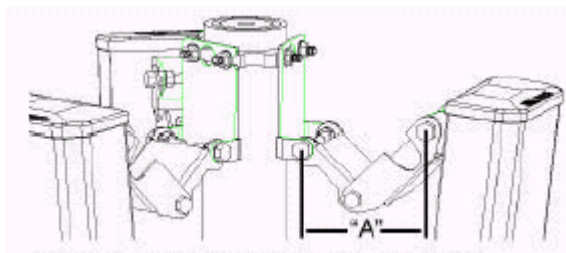


Figura 5.23 La distancia "A" es usada para determinar el ángulo, la distancia se mide desde el centro de cada tuerca.

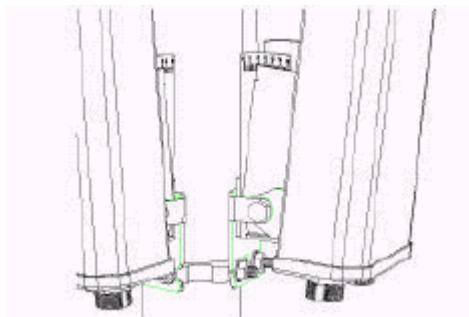


Figura 5-24

2. Todos los tornillos deben estar colocados pero no apretados, para permitir el ajuste del ángulo de inclinación.

3. La antena debe estar colocada a 0° de inclinación cuando es instalada inicialmente. Para asegurarse que la antena está a cero grados, se debe aflojar totalmente los soportes y verificar que el indicador en el soporte inferior esta colocado en 0° .

Ajuste del ángulo de inclinación.

1. El ángulo de inclinación siempre es especificado en el módulo C y este es medido por medio del inclinómetro.

2. Aflojar los tornillos en todos los puntos de pivoteo tanto en el soporte inferior como en el superior.

3. Extender los soportes hasta que sea alcanzado el ángulo deseado.

4. Una vez obtenido el ángulo, apriete cuidadosamente todos los tornillos con un torque de 20 N-m para asegurar la antena.

5. La tolerancia en el ajuste del ángulo de inclinación es $\pm 0.5^\circ$.

6. La tolerancia con respecto a la orientación es $\pm 5^\circ$.



Figura 5-25

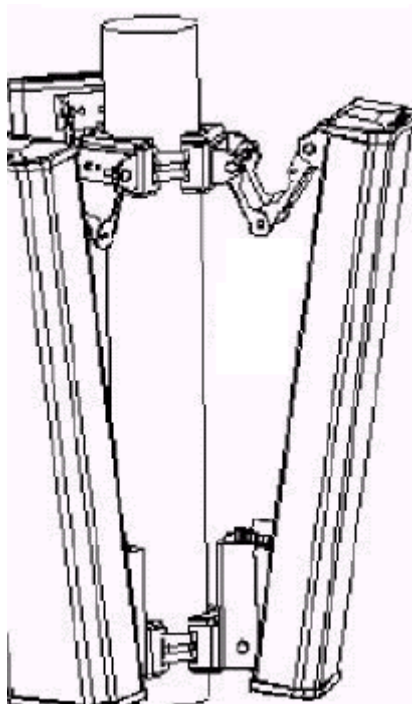


Figura 5-26 Colocación de los soportes en caso de polarización positiva (Downtilt).



Figura 5-27 Cuando la polarización es negativa (Uptilt) el soporte superior se pone como inferior y el soporte inferior como superior.

5.1.1.4 Conectores de guía de onda (cable feeder) de 1⁵/₈" , 1¹/₄" , 7⁷/₈" a guía de onda de 1¹/₂" (jumper).

Los conectores de la guía de onda pueden instalarse usando para el corte final de ésta una segueta, en México se utiliza para el corte final de la guía de onda la herramienta de "preparación de feeder" (que se muestra en el punto 5.2)

Cable feeder.	Torque.
7 ⁷ / ₈ "	23 Nm
1 ¹ / ₄ "	40 Nm
1 ⁵ / ₈ "	47 Nm

Tabla 5-2 Torques necesarios para los conectores

Revisión general del material del conector.

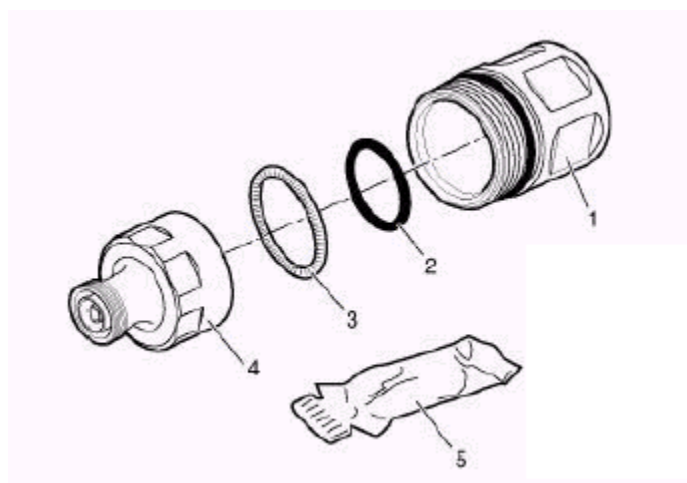


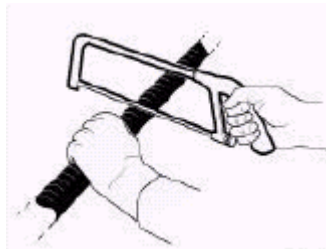
Figura 5-28 Partes del conector.

Posición	Nombre	Descripción	Cantidad
1	Camping nut	Con O-ring	1
2	O-ring	Detiene el camping nut	1
3	Spring ring	Cierra el clampling nut	1
4	Cuerpo del conector		1
5	Grasa	Para los O-rings	1

Tabla 5-3 Partes del conector.

Instalación[13].

1. Cortar el cable feeder en escuadra con la segueta. Debe asegurarse que el cable tiene una sección recta de por lo menos 300 mm antes de efectuar el corte.



5-29 Corte del feeder.

Después del corte incline ligeramente el cable para evitar que penetren las rebabas en el conductor interno.

2. Insertar la herramienta de preparación en el taladro y asegurar firmemente.
3. Colocar el feeder en la herramienta de preparación de manera que ambos estén alineados y empiece a barrenar.



Figura 5-30 Corte por medio de la herramienta

4. Presionando firme y constantemente, forzar la herramienta a lo largo del feeder hasta que se note un aumento en la velocidad del taladro, lo cual significa que el corte está completo.
5. Detener el taladro y liberar el feeder de la herramienta.
6. Verificar que el corte sea correcto, de manera que el conductor exterior del cable esté cortado en la cima de la cresta y el conductor interno esté avellanado. Verificar que no queden virutas del aislante.

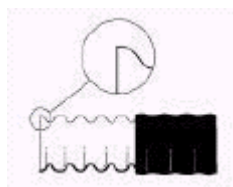


Figura 5-31 Vista del corte.

7. Usar el cepillo de nylon o de alambre para asegurarse que la espuma plástica esté libre de rebabas. Así mismo asegurarse que no queden rebabas en el conductor interno. El cepillo a usar debe estar limpio.

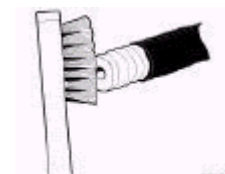


Figura 5-32 Cepillado el feeder.

8. Retirar la rebaba del conductor central con la punta del cuchillo para asegurar que no hay residuos en la superficie.

Montaje del conector.

1. Montar el O-ring en el tercer valle a partir del corte como lo muestra la figura.

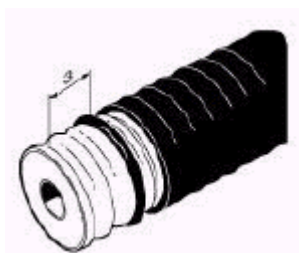


Figura 5-33 Colocación del O-ring

2. Colocar la grasa en la superficie del O-ring extendiéndola con el mismo aplicador de grasa.



Figura 5-34 Colocación de la grasa

3. Colocar el camping nut con la cuerda en dirección hacia fuera.

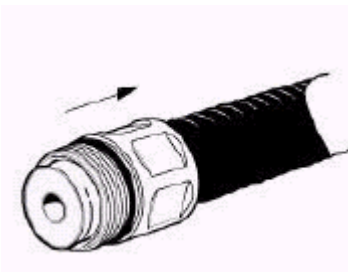


Figura 5-35 Colocación del camping nut

4. Montar el spring ring en la punta del cable feeder.



Figura 5-36 Colocación del spring ring

5. Presionar la punta del cuchillo entre la espuma y el conductor exterior para comprimir la espuma.

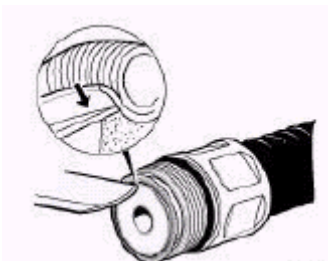


Figura 5-37 Avellanado de la espuma

6. Empujar el camping nut hacia fuera hasta que se detenga.

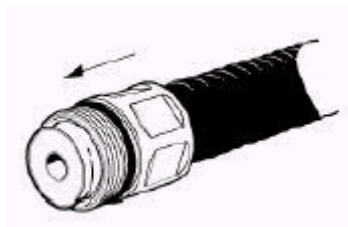


Figura 5-38

7. Colocar el O-ring y aplicar grasa.
8. Colocar el cuerpo del conector en el camping nut. Utilizar dos llaves españolas, una para mantener fijo el cuerpo del conector y otra para aplicar el torque al camping nut.

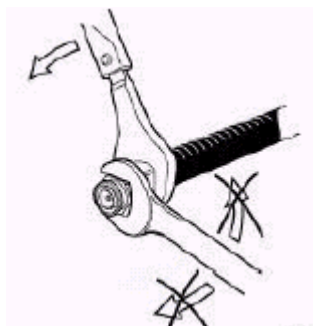


Figura 5-39 Armado del conector.

9. Examinar si el avellanado fue correcto y retirar los residuos que aparezcan.

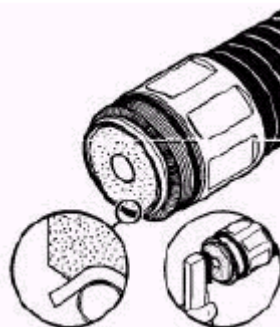


Figura 5-40 Revisión del conector.

10. Montar de nuevo el conector. Empujar la tuerca de conector hacia delante y hacerla girar en el sentido de las manecillas del reloj para enroscar.

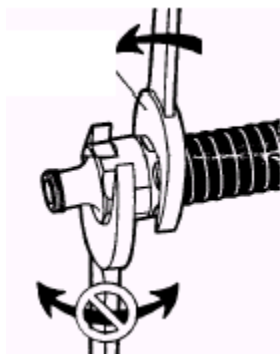


Figura 5-41 Armado final del conector.

5.1.1.5 Jumpers (guía de onda de ½").

La guía de onda de $\frac{1}{2}$ " (jumper) se utiliza como su nombre lo indica como un puente entre la guía de onda de $\frac{7}{8}$ ", $1\frac{1}{4}$ " y $1\frac{5}{8}$ " y los TMAs en la instalación exterior y al gabinete en la interior. Los jumpers vienen en tres diferentes longitudes 1, 2 y 3 metros entre conectores.

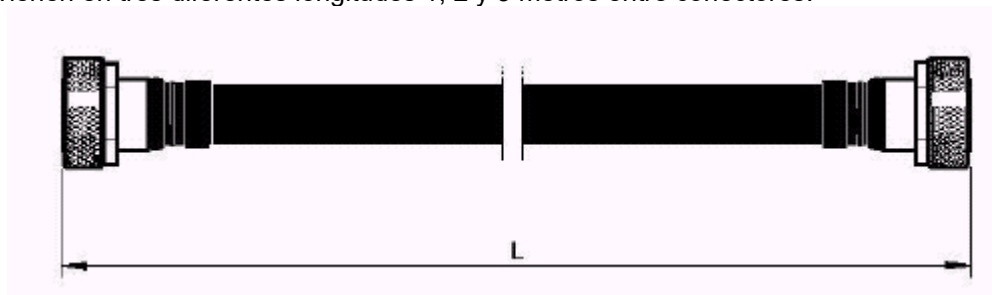


Figura 5-42 Jumper

Los jumpers vienen con una protección en los conectores que deben de removerse sólo justamente antes de realizar la instalación de éstos. Las cubiertas protegen los conectores de la suciedad, polvo y daños. La presencia de impurezas en el conector puede influir en el desempeño de la intermodulación considerablemente.

Doblado.

Antes de la instalación se debe dar forma al jumper. La siguiente figura muestra los radios y las distancias que deben considerarse junto con los valores que aparecen en la tabla.

Se debe de evitar torcer o deformar el jumper. Un esfuerzo excesivo en el conductor corrugado puede influir en las características del jumper.

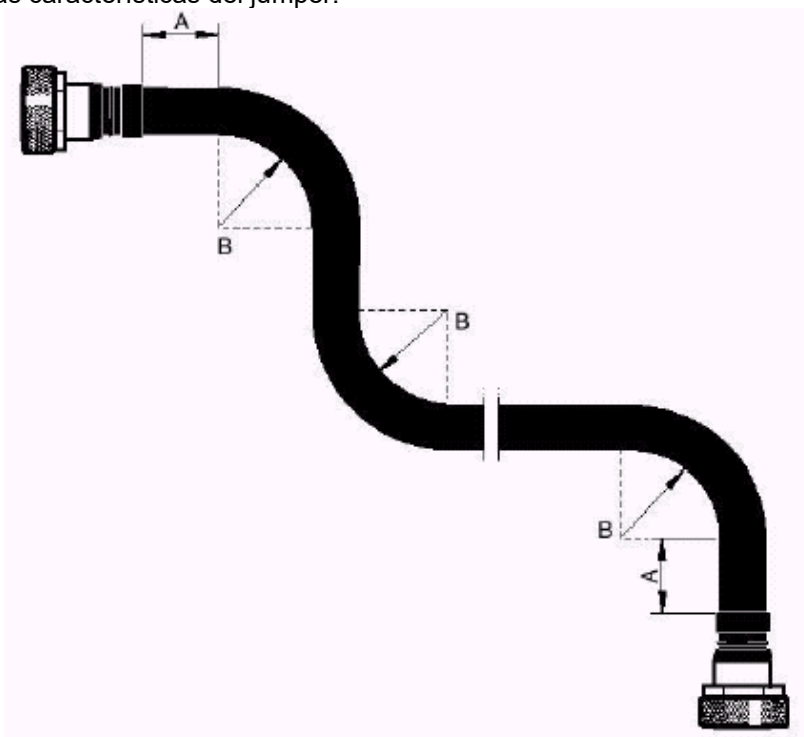


Figura 3-43 Tolerancias para el doblar en el jumper.

Dimensiones mínimas en mm.		
A = Doble no permitido	B = Doble simple	R = Dobles repetido

50	200	R>B
----	-----	-----

Tabla 5-4 Doble del jumper.

Se deben instalar los jumpers sin dobleces forzados. Se utiliza una llave española de 32 mm para la conexión a la antena, feeder y gabinete, el torque debe de ser de 20 Nm.

El jumper se fija por medio de cinturones ya sea metálicos en el exterior así como plásticos dentro del contenedor cada 0.6 metros, esta sujeción es absolutamente necesaria para prevenir la presencia de fuerzas dinámicas causadas por ejemplo el viento.

5.1.1.6 Aterrizajes.

Los Puntos de conexión observados en la figura de abajo son utilizados como protección de aterrizaje para el Equipo de RBS, es importante mencionar que esta protección se realiza de acuerdo a las regulaciones locales. La figura 5-44 muestra el aterrizaje de una RBS, para obtener la información específica de cada sitio se deberá consultar el módulo C.

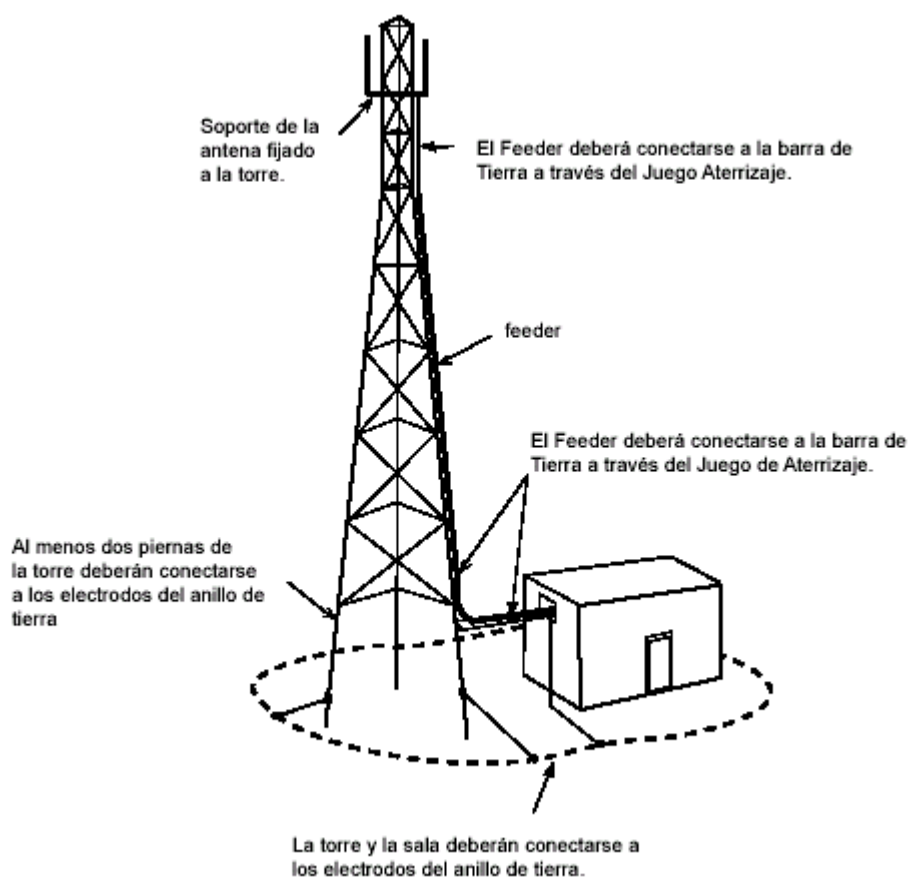


Figura 5-44 Puntos de conexión de los aterrizajes

Aterrizaje de las Antenas.

Las antenas se deben aterrizar con un cable de cobre no mayor a 35 mm² si estas no son aterrizadas a través de sus soportes. Por lo menos dos piernas de la torre deberán conectarse a los electrodos de tierra.

Aterrizaje de los feeders.

Los feeders se deben aterrizar cada 30 m pero como obligatorio será al inicio y final de las líneas, es decir el primer aterrizaje será inmediatamente abajo de la plataforma celular y el último a 2 m aproximadamente antes de entrar al contenedor. En el caso de haber un cambio de dirección horizontal o vertical es necesario aterrizar las líneas, por lo tanto el aterrizaje se colocará antes de comenzar la curva (de arriba hacia abajo) aún existiendo los dos aterrizajes anteriormente mencionados.

El kit de aterrizaje se usa para aterrizar los feeders de distintos diámetros que utilizan se en la radio base 2000. La figura 3-45 muestra el contenido del kit.



Figura 3-45 Kit de aterrizaje de los feeders

Instalación [13].

1. Seleccionar una posición en el feeder para colocar el aterrizaje que este a 40 cm aproximadamente de la ventana de tierra.
2. Retirar 2.25" (57 mm) del aislante del feeder .
3. Colocar el dispositivo de contacto en la parte sin aislamiento del feeder como se muestra en la figura 5-46.

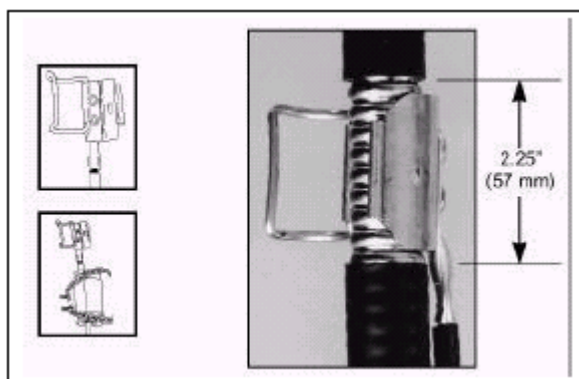


Figura 5-46 Colocación del dispositivo de contacto.

4. Cerrar el dispositivo de contacto sobre la superficie del feeder a la que se le retiró el aislante como se muestra en la figura 5-47.

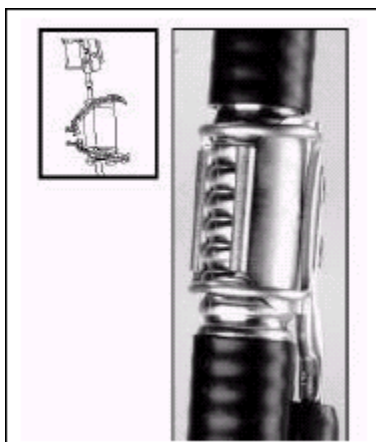


Figura 5-47

5. Colocar el aislante encima del dispositivo de contacto que fue colocado en el feeder descubierto.
6. Colocar las abrazaderas en los extremos del aislante, como se muestra en la figura 5-48.



Figura 5-48

7. Retirar el papel protector del adhesivo del dispositivo aislante y presiónelo para cerrarlo, como se muestra en la figura 5-49.

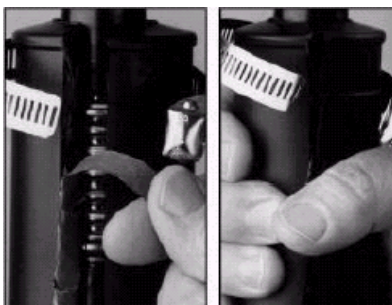


Figura 5-49

8. Apretar los tornillos de las abrazaderas a un toque máximo de 1.7 Nm figura 5-53.

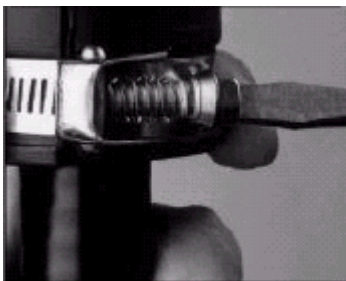


Figura 5-50 Ajuste del tornillo.

9. En caso necesario, crimpar la zapata al extremo descubierto de cable.
10. Aplicar la pasta anticorrosiva proporcionada con la el juego de tornillos en la superficie de contacto entra la zapata y la ventana de tierra, como se observa en la figura 5-51.

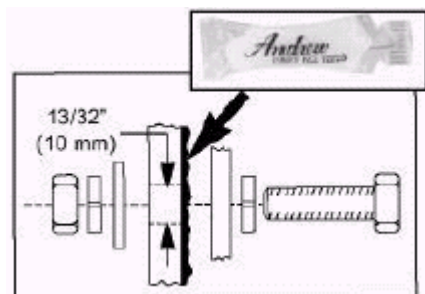


Figura 5-51

11. Asegurar la zapata a la ventana de tierra por medio de los tornillos con tuerca y rondana suministrados. Aplicar un torque de 20 N-m.
12. Colocar un cinturón para reforzar el sellado del aislante, como se muestra en la figura 5-52
13. Asegurar que el radio del cable de aterrizaje sea mayor que 8" (203 mm).

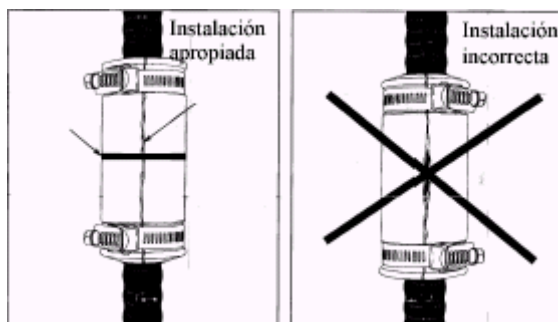


Figura 5-52

Electrodo del anillo de tierra.

- a) Sobre la tierra: poner el electrodo a tierra con un alambre de cobre de 50 mm² a 0.5 m de profundidad alrededor del sitio (incluyendo las piernas de la torre), ver la figura 5-53 y conecte por lo menos 2 piernas de la torre para tener 2 caminos a tierra siempre.

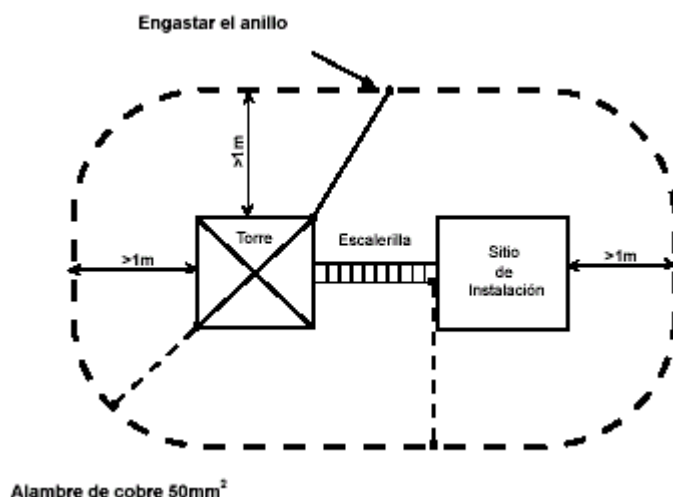


Figura 5-53

- b) En la azotea: conectar por lo menos los alambres de cobre de 16 mm² con el sistema existente de protección contra descargas atmosféricas y por lo menos 2 mástiles de torre para alcanzar siempre 2 caminos de conexión a tierra, figura 5-54.

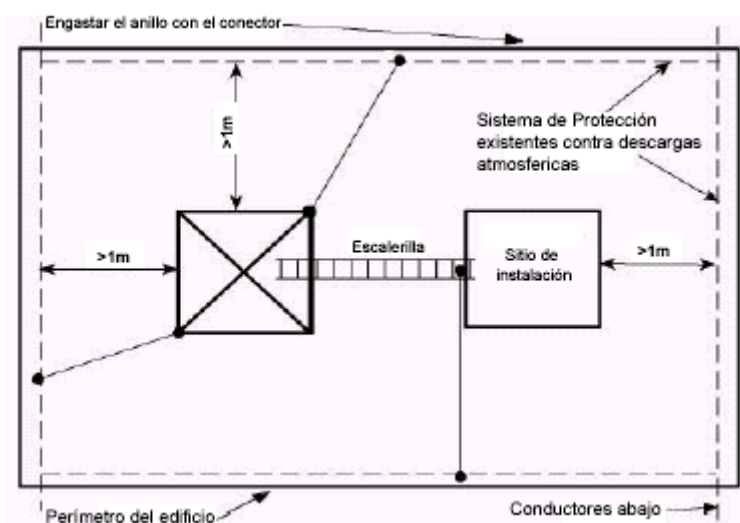


Figura 5-54

Aterrizajes en el sitio celular.

Dentro de la parte interior la construcción mecánica de la RBS será conectada a la barra colectora de tierra.

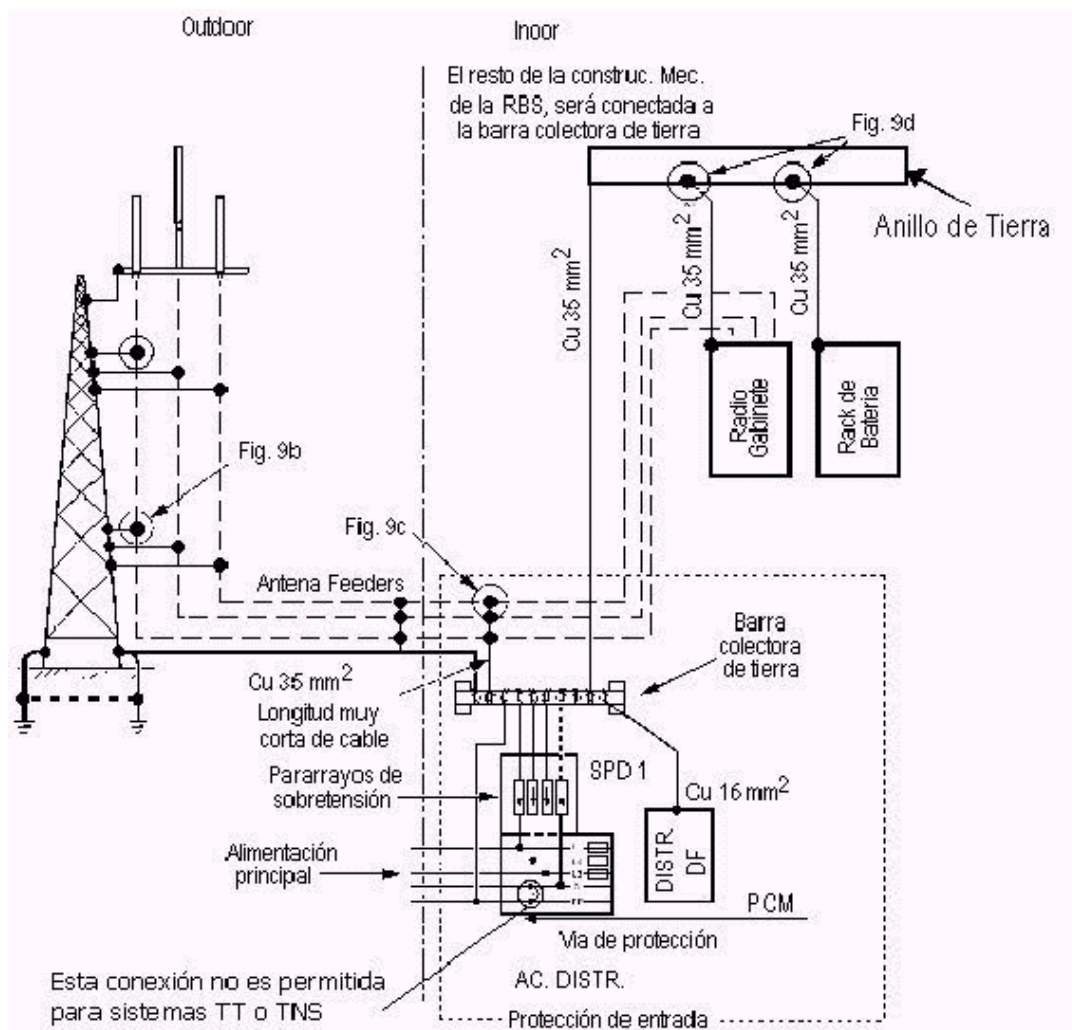


Figura 5-55 Aterrizajes en el sitio celular.

Alternativas de aterrizaje del TMA en la torre.

- Cuando existe plataforma en la torre.
 1. Se realiza un anillo de tierra con cable de 35 mm² el cual debe ser instalado por debajo de la plataforma de la torre.
Se conecta entre si los TMA's con un cable de 25 mm² cuando se instalan 2 o más TMA's por mástil.
 2. Se conectan el cable de 25 mm² que baja de los TMA's al anillo de tierra hecho con el cable de 35 mm².
- Cuando no existe plataforma en la torre.

Cuando no existe plataforma en la torre, el cable de tierra de los TMA's puede aterrizararse de la siguiente manera.

Se realizan derivaciones de los TMA's s través de un cable de 25 mm² este cable se conecta a los TMA's por medio de una zapata y el otro extremo del cable se conecta directamente a la barra también a través de una zapata y el torque que se debe aplicar a dicho tornillo es de 20 Nm.

También pueden conectarse primero entre sí los TMA's con una cable de 25 mm² y después de uno de ellos bajar el cable de 25 mm² hasta la barra de tierra. Debe por lo tanto consultarse el módulo C el cual indicará que alternativa utilizar en el sitio.

5.1.2 Instalación interior

En el sistema GSM de México se utilizan las radio bases interiores 2202 y 2206, cuya instalación es prácticamente la misma, con pequeñas variaciones como son la instalación de los duplexores que la RBS 2206 no utiliza, y la distribución de las tarjetas donde se coloca el enlace PCM.

5.1.2.1 Gabinete.

El gabinete es transportado en una caja. De preferencia debe de mantenerse el gabinete en la caja hasta que sea el momento de instalarlo en la base.

Instalación de la base del gabinete.

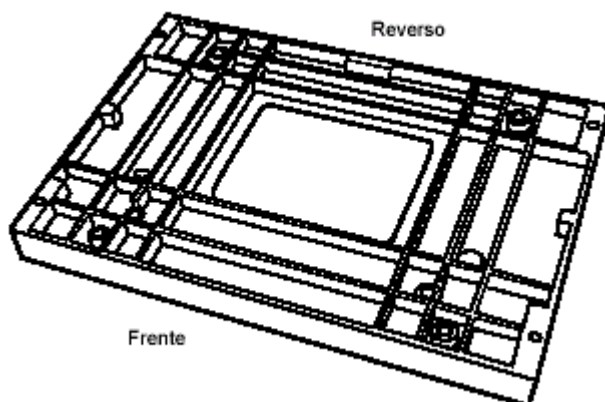


Figura 5-56 Base del gabinete de la RBS.

Se debe seleccionar el método de fijación adecuada para el sitio. Para la sala y contenedor utilice las partes mostradas en la figura 5-57.

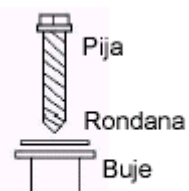


Figura 5-57

Se debe colocar la base en posición correcta de acuerdo a la planeación de piso, y dar la nivelación correcta con el nivel de mano como muestra la figura 5-58.

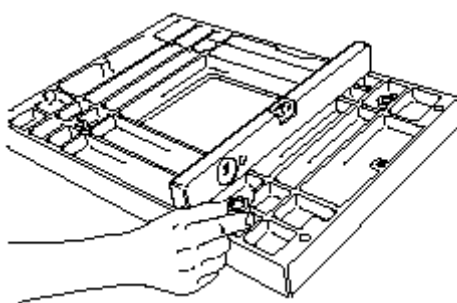


Figura 5-58

Se marcan los lugares donde se harán las perforaciones para fijar la base al suelo por medio de las pijas. Una vez fija la base se procede a montar el gabinete en ésta, ajustando la parte baja del gabinete en los puntos de fijación a los lados de la base figura 5-59.

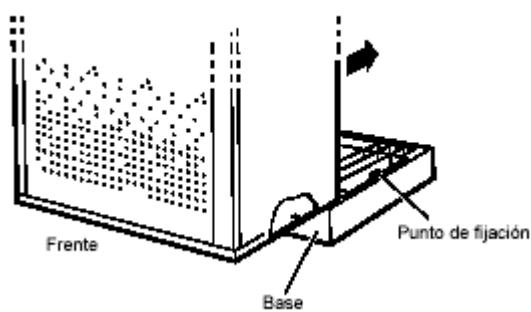


Figura 5-59

Se debe presionar el pin que detiene cada una de las barras en la parte superior del gabinete de manera que éstas caigan un poco al interior del gabinete. Después se aprietan ambas barras a un torque de 30 Nm figura 5-60.

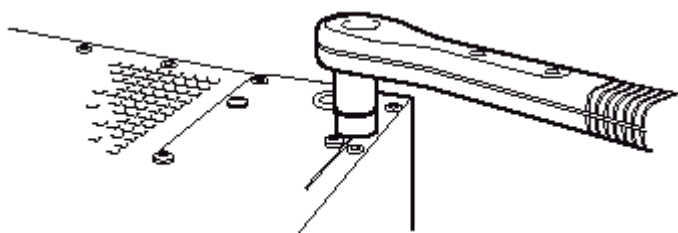


Figura 5-60

Se fija el gabinete a la base mediante los tornillos que se colocan en las esquinas frontales en el interior del gabinete, aplicando un torque de 30 Nm.

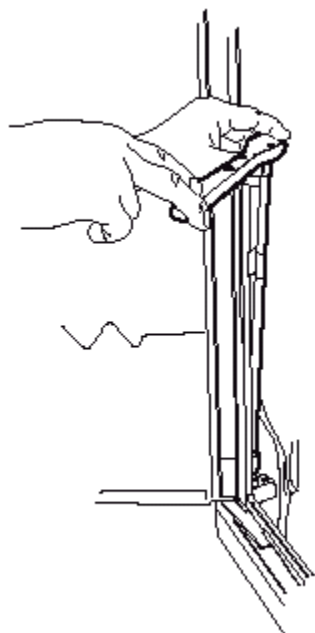


Figura 5-61

Aterrizaje del gabinete.

Medir la trayectoria desde el punto de aterrizaje hasta el anillo.
Cortar un tramo de cable de 25 mm² y engarzar una zapata en un extremo.
Colocar la zapata en el punto de aterrizaje del gabinete y apretar a 15 Nm.
Crimpar el otro extremo del cable al anillo de tierra mediante un conector C.

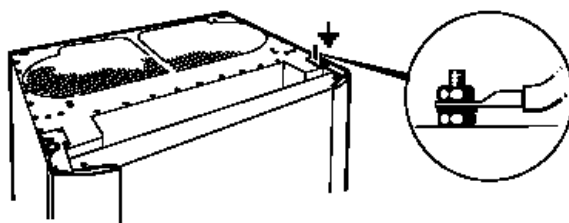


Figura 5-62

Instalación y conexión del panel de alarmas.

El panel de alarmas permite la instalación de 16 alarmas con protección contra sobrevoltaje. La protección contra sobre voltaje para señales de PCM permite la instalación de dos sistemas de PCM por módulo (máximo cuatro módulos). La distancia entre el panel de alarmas y el radio gabinete está limitada por la longitud del cable que los conecta; la longitud máxima del cable es de 15 m.

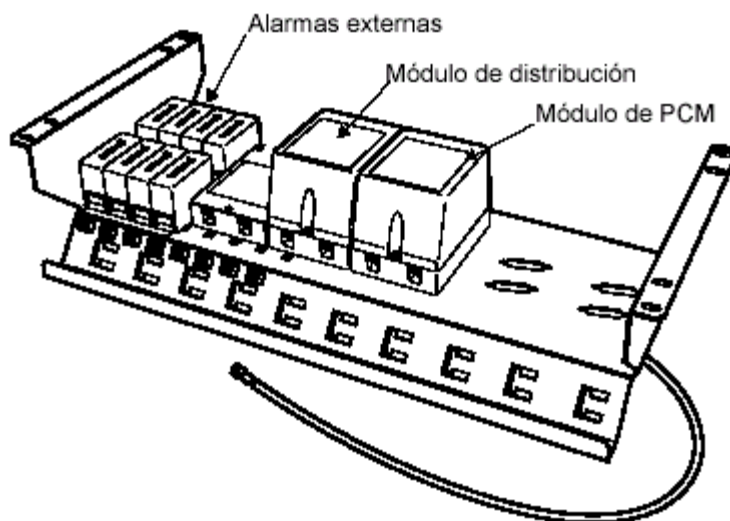


Figura 5-63 Panel de alarmas DF

La distancia mínima del piso a la parte inferior del bastidor del DF será de 1200 +/- 10 mm, a menos que el módulo C indique otra altura.

1. Quitar la cubierta del DF.
2. Localizar en el plano de colocación de ingeniería la ubicación del punto inferior del DF y trazar en la pared una línea vertical y una línea horizontal, las líneas deben quedar a nivel y deben ser marcadas con lápiz para que se puedan borrar posteriormente. Se usa el nivel de gota para alinear el bastidor sobre la pared.
3. Se presenta el DF en las líneas marcadas y trazar con el lápiz los orificios donde se fijará el bastidor, es decir que el DF se utiliza como plantilla.
4. Se retira el DF y se perfora en los puntos marcados en la pared.
5. Se utiliza el contra buje para el aislamiento del bastidor a la pared.
6. Se realiza la fijación del DF de acuerdo a la figura 5-66.

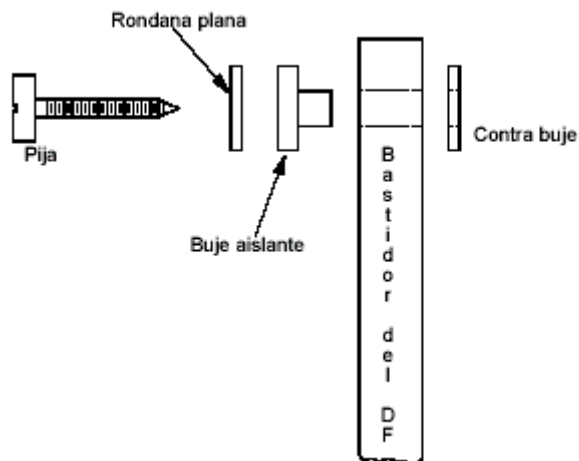


Figura 5-64

El DF debe aterrizar por medio de cable de 25 mm² y conectarse al anillo de tierra principal del contenedor.

Conexión de las alarmas externas.

Un par de alarmas preinstalado está dedicado a supervisar el protector contra sobrecargas

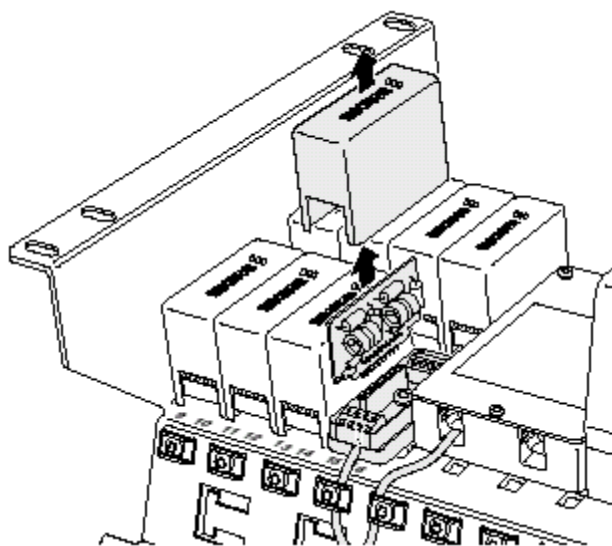


Figura 5-65 Conexión de las alarmas externas

1. Remover la cubierta del protector contra sobrevoltaje.
2. remover la tarjeta OVP de manera que sea posible conectar el cable externo

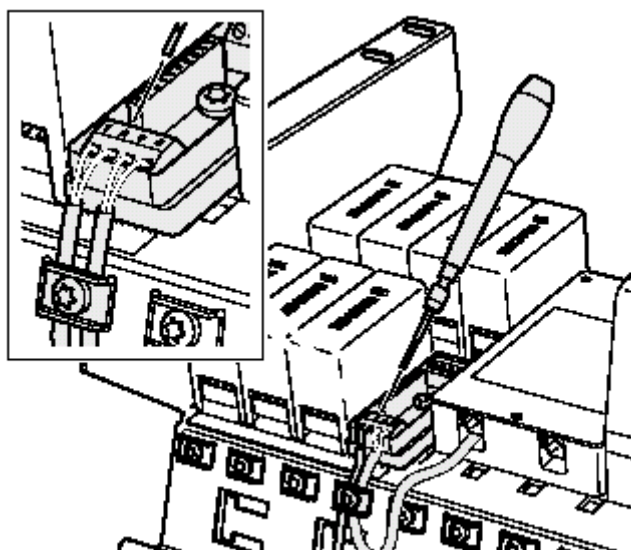


Figura 5-66-

3. Conectar el cable de alarmas al bloque terminal.

4. Si el cable tiene malla trenzada, conectar a la terminal de tierra.
5. Fijar los cables a la placa de montaje utilizando cinturones.
6. Anotar la posición de cada alarma en la parte interior de la tapa del panel de distribución.
7. Insertar la tarjeta OVP y colocar nuevamente la cubierta del protector contra sobrevoltaje.

Conexión del módulo de distribución.

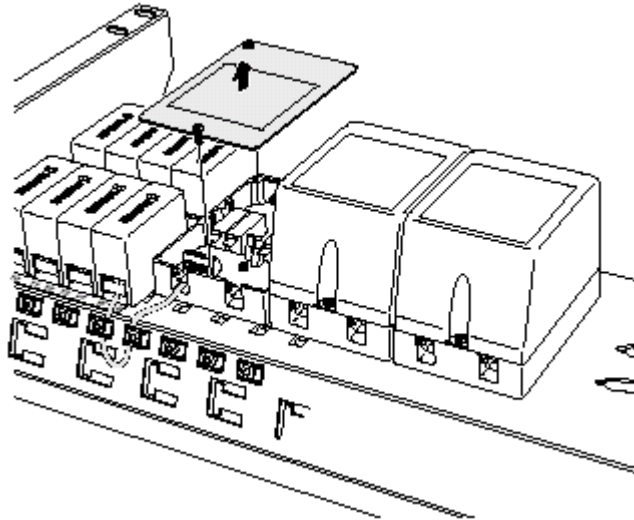


Figura 5-67

1. Remueve la placa que cubre el módulo de distribución figura 5-67.
2. Conectar el cable de distribución de fuerza.
El otro extremo del cable de fuerza es conectado al equipo externo de transmisión o aun convertidor DC/DC
3. Conectar el cable de 24 VCD entre el panel de distribución y la RBS.
4. Colocar nuevamente la placa que cubre la unidad de control y apretar los tornillos.

Conexión de los cables de PCM coaxiales o par trenzado.

Remover la cubierta y las tarjetas del módulo de protección contra sobrevoltaje para PCM figura 5-68.

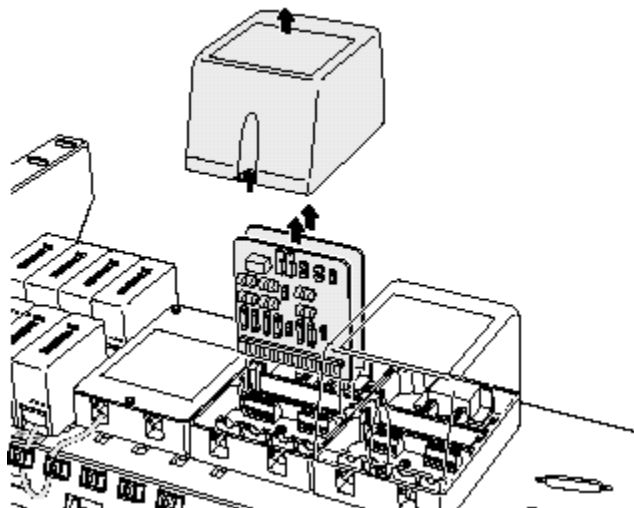


Figura 5-68

Para cable coaxial:

1. Remover la cubierta y las dos tarjetas del módulo contra sobrevoltaje para PCM para facilitar el acceso al mismo.

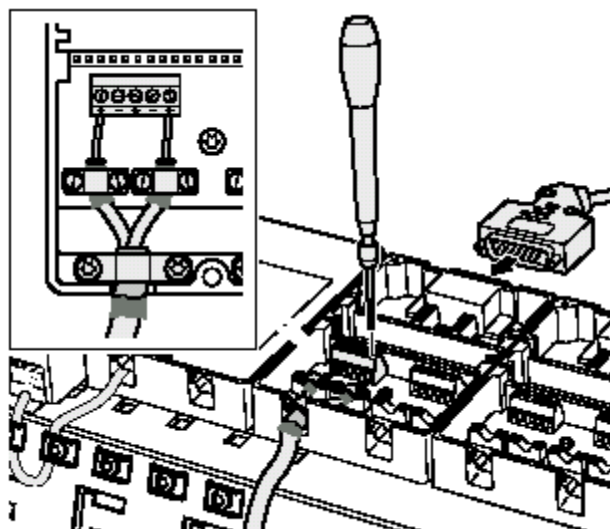


Figura 5-69

2. Retirar a la longitud apropiada el aislante del cable. Corte la malla cuidadosamente con un pelador de cable de manera que esta no se dañe, remover la malla cortada.
3. Doblar la malla expuesta sobre el aislante del cable.
4. Retirar el aislamiento de los pares de cables y de los conductores y cortarlos a la distancia adecuada para conectarlos por medio de los tornillos.
5. Acomodar los pares de cable a través de las abrazaderas y conectarlos en el bloque terminal en la posición de 75 ohms.
6. Fijar la malla y el cable por medio de las abrazaderas.
7. Fijar la malla externa y el conductor por medio de la abrazadera.
8. Conectar el cable PCM prefabricado entre el DF y la RBS.
9. Reinsertar la tarjeta y colocar la cubierta asegurándola con los tornillos.

En el caso de conexión de PCM con cable trenzado se siguen los mismos pasos sólo que en vez de conectarse en la terminal de 75 ohms se conecta en la terminal de 120 ohms.

Cambio de las tarjetas hijas del módulo de distribución.

La ranura delantera de las tarjetas hijas contener la tarjeta OVP. El slot trasero en la tarjeta debe ser ocupado con alguna de las siguientes tarjetas:

- Tarjeta Dummy: sin función.
- Tarjeta Balun: acopla impedancias 75 ohms a 120 ohms.
- Tarjeta Bypass relay: pasa la señal de PCM a la siguiente RBS cuando el gabinete deja de funcionar.

Cuando se cambia la tarjeta posterior se debe de marcar la nueva función de la tarjeta (balun o bypass) en la cubierta del módulo de sobrevoltaje.

Conexión del panel de distribución a la radio base.

El panel se debe conectar a la RBS de acuerdo a la tabla 5-5.

Conector	Descripción
G703-1	Enlace de transmisión 1
G703-2	Enlace de transmisión 2
G703-3	Enlace de transmisión 3
G703-4	Enlace de transmisión 4
Salida CD	+24 al equipo externo
Alarmas externas	Entrada de las alarmas extenas
ESB-1	Bus extreno de sincronización

Tabla 5-5 Conexiones en el panel de distribución

El cableado del DF se debe realizar por la parte trasera del bastidor así mismo el torque que se debe aplicar al tornillo de tierra es de 13 Nm.

Enrutar el cable de tierra a través de la canal de plástico asegurándose de fijar el cable con cinturones de plástico (estos deben ser todos de un mismo color).

Conectar el otro extremo del cable por medio de crimpado de 25 o 35 mm² al anillo de tierra principal.

Los demás cables son enrutados del mismo modo por el canal de plástico y conectados en sus posiciones correctas en la RBS. Puede después de esto poner la tapa del DF y de la canaleta de plástico.

El gabinete puede de la RBS tiene tres opciones de alimentación de energía:

- 120-250 VCA a 50-60 Hz por medio de una acometida principal de energía con terminales atornilladas. Las entradas de energía alimentan cuatro PSU's individuales. Un respaldo de baterías de +24 VCD puede ser conectado de manera paralela en esta opción.
- El gabinete puede conectarse a una fuente de alimentación externa de +24 VCD.
- Se conecta de forma similar a la de CA solo que en este caso los PSU con para corriente directa.

En general en México dado que los equipos GSM se instalan en sitios donde existen las RBS's del sistema DAMPS, las cuales funcionaban con +24 VCD, los equipos GSM se conectan a esta misma fuente externa, sin necesidad de los PSU, aunque hay sitios en los que se utiliza la línea comercial de CFE, utilizando así los PSU de para CA.

En la parte frontal superior derecha del gabinete se encuentra el lugar de las conexiones de DC en las cuales se conecta los cables que vienen de la fuente externa como se muestra en la figura 5-70.

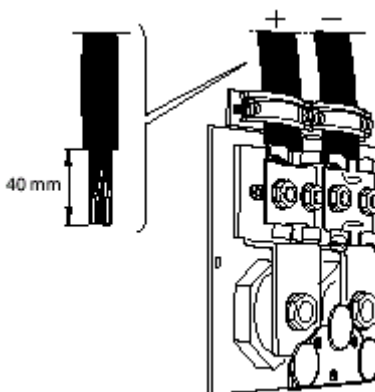


Figura 5-70

Los soportes para cable son reversibles, están diseñados para instalar en ellos cables de 16-70 mm². En general en México se utiliza cable de 70 mm².

5.1.2.2 Duplexores.

Los duplexores se instalan cuando se utilizan radio bases con CDU A que son las RBS 2202 y 2102, Las RBS 2206 y 2106 con CDU-G no utilizan duplexores.

Los duplexores se montan de la siguiente manera:

Considerando el centro del gabinete, el primer equipo Bias Dúplex deberá ser instalado a 50 cm., el segundo y el tercer equipo deberá ser instalado a 10 Cm del primero y segundo respectivamente, se debe repetir la operación tanto a la derecha como a la izquierda del gabinete.

Los equipos deberán instalarse a 5 cm antes del nivel de la loza superior o del techo del contenedor. Para poder colocar en ese espacio el cable de tierra.

Todo el procedimiento de conexión es similar al de los TMA. El aterrizaje se hace de la misma manera que los TMA'a sólo que en los duplexores el cable de 25 mm² del último duplexor se conecta al anillo de tierra del contenedor.

5.1.2.3 Conectores feeder-jumper.

Los conectores se instalan de la misma forma que se indica en el punto 5.1.1.4.

A diferencia de los conectores externos que no se aterrizan, los conectores interno si, y esto se realiza por medio del kit de aterrizaje.

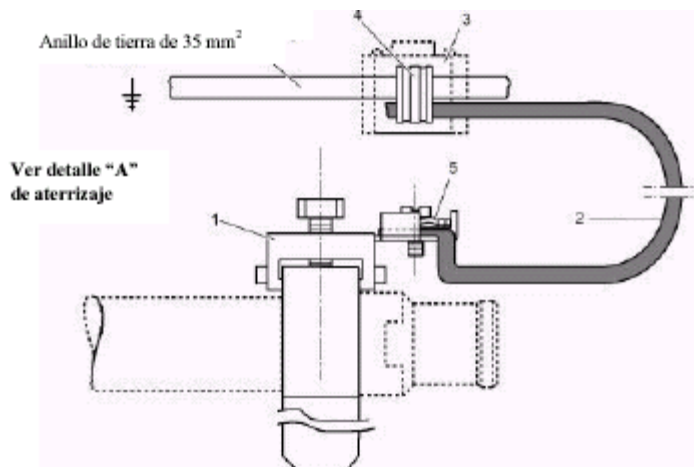


Figura 5-71 Aterrizaje de los conectores.

Los conectores se conectan en serie con los kits de aterrizaje y el conector que queda más cercano al anillo de tierra del contenedor se conecta a éste como se muestra en la figura 5-71.

5.1.2.4 guía de onda de 1/2" (jumper).

Los jumpers se conectan en la parte superior del gabinete, en el caso de la RBS 2202 los jumpers salen de esta y se conectan a los duplexores; en el caso de la 2206 van conectados directamente a los feeders, por lo que se utilizan menos jumpers en este tipo de radio bases. Se siguen los mismos criterios descritos en el punto 4.1.1.5. Se amarran con cinturones negros junto con los cables que van al DF de manera que se vea estética la instalación.

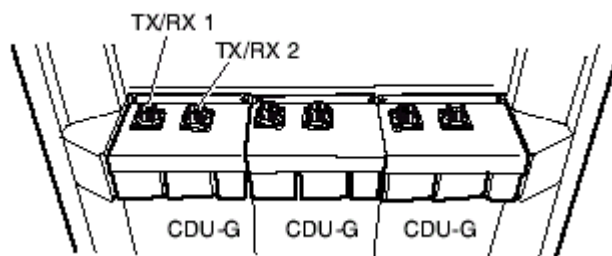


Figura 5-74 Conexiones a los CDU's en la Radiobase 2206

Pruebas de la RBS.

Después de terminada la instalación del sitio se deben de realizar las pruebas correspondientes al sistema de antenas y al equipo de radio. Las pruebas así como el equipo necesario para realizarlas se describen a continuación.

6.1 Prueba del sistema de antenas de la radio base.

El propósito de estas pruebas es verificar que el arreglo de antenas esté instalado de manera que no haya defecto en la instalación. La prueba incluye mediciones de la longitud del feeder para poder calcular la pérdida de señal en estos. Las mediciones se realizan por medio de un instrumento que obtiene la DTF (distancia a la falla) y el SWR (razón de onda estacionaria).

El instrumento de medición utilizado es el Anritsu Site Master que tiene un generador de onda sintetizada para poder hacer las mediciones de reflexión figura 6-1.

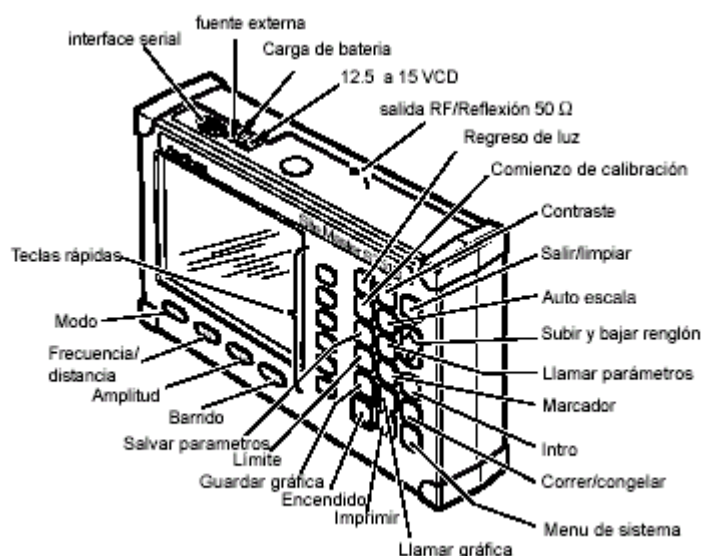


Figura 6-1 Anritsu Site Master

6.1.1 Medición de DTF (distancia a la falla).

Se deben realizar los siguientes pasos antes de las pruebas del sistema de antenas.

- Verificar que la instalación este de acuerdo con la documentación de instalación del sitio.
- Verificar visualmente que ningún cable o conexión estén dañados y que todos los cables (feeders y jumpers) estén debidamente marcados.
- Verificar que los conectores estén debidamente conectados y atornillados.
- Verificar que el radio de doblez de los feeders y jumpers no sea demasiado pequeño.
- Verificar que las direcciones de las antenas sea la indicada en la documentación de instalación del sitio. Considerando la influencia magnética de objetos metálicos cercanos y la desviación del norte cuando se usa la brújula.
- Verificar que el cable correcto esta conectado a la antena correcta.

Una vez verificado lo anterior se procede a calibrar el Site Master para realizar la prueba DTF, dentro de la calibración se introducen en el instrumento los parámetros específicos para el cable, que son el factor de velocidad de propagación relativa y la atenuación nominal a 1000 MHz.

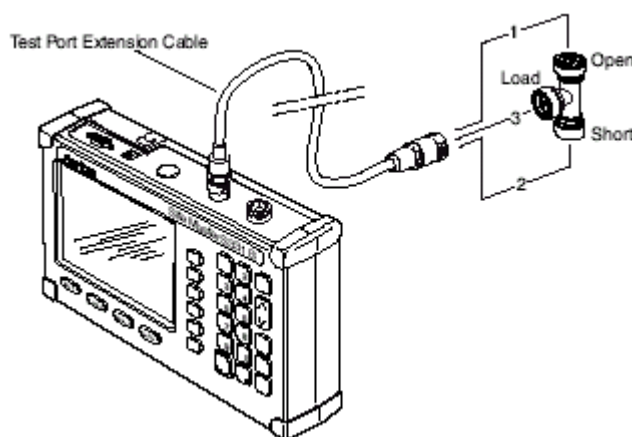


Figura 6-2 Anritsu y componentes de calibración

Las mediciones se hacen desde el jumper (guía de onda de $\frac{1}{2}$ ") que está conectado al gabinete de la RBS . Dentro de la medición se toma entonces en cuenta el jumper que está conectado al gabinete y va al feeder, el feeder (guía de onda de $\frac{7}{8}$, $1\frac{1}{4}$ " ó $1\frac{5}{8}$ "), el jumper que está conectado al feeder y va al TMA (de donde se desconecta y por medio de un conector bypass se conecta al otro jumper que está conectado al TMA y que va a la antena), el jumper que está conectado al TMA y va a la antena y la antena misma, figura 6-3 .

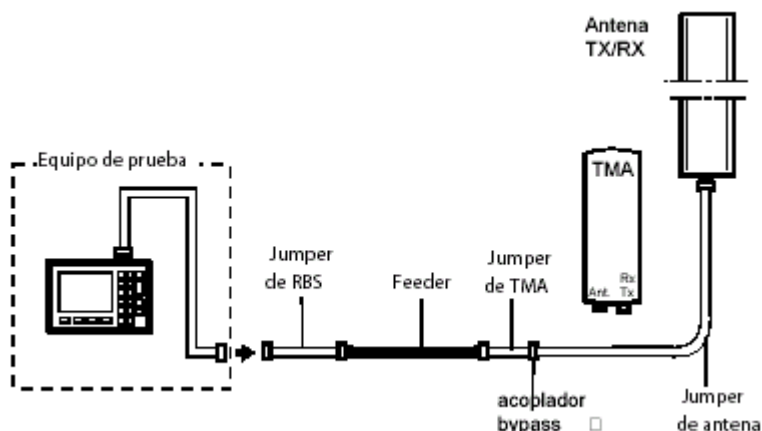


Figura 6-3 Conexiones para prueba de distancia a la falla DTF

El propósito de la prueba de distancia a la falla es para verificar que no hay malas conexiones u otras fallas, por ejemplo, dobleces abruptos en la guía de onda. También se mide la longitud del feeder, lo cual sirve para calcular la atenuación en el feeder. Durante la medición las gráficas deben de estar por debajo de $SWR = 1.05$ lo cual es equivalente a 31.5 dB. Cuando en alguna parte de la gráfica, con excepción de la antena, tenga un valor por encima de 1.05 se verifica por medio de la distancia el punto en que se tiene algún daño o está mal conectada la guía de onda. Los puntos donde ocurre esto con mayor frecuencia es en las conexiones de los jumpers con los conectores del feeder, o de los jumpers que están en la plataforma de la torre y que están conectados por medio del acoplador bypass y van a la antena.

En las mediciones aun cuando están bien hechas las conexiones de los jumpers en el conector del feeder (con un torque de 20 Nm) y la gráfica sigue mostrando un nivel por encima del valor de 1.05, entonces se procede a cambiar el jumper para ver si esta es la falla, si aun después de cambiar el jumper sigue la falla, entonces se cambia el conector del feeder, cuidando de hacerlo lo mejor posible, debido a que cada que se realiza de nuevo el conector hay que cortar una tramo de la guía de onda instalada, corriéndose el riesgo de que quedara muy corta para poder conectarse con el jumper. Lo mismo aplica para los jumpers que están en la plataforma de la torre. En ocasiones es posible que el pico en la gráfica corresponda a la conexión hecha con el bypass para la prueba, en ese caso se verifica que el bypass se encuentre bien conectado, limpio y sin daños aparentes. En México si en la gráfica de la reflexión de la antenna se tiene más de un pico debe entonces de hacerse la prueba con la antenna y después con una carga de 50 Ω en lugar de la antenna (como se muestra en la figura) y guardar las dos gráficas para comprobar que es una reflexión en la antenna y no que el jumper que va a la antenna esté dañado, figura 6-4.

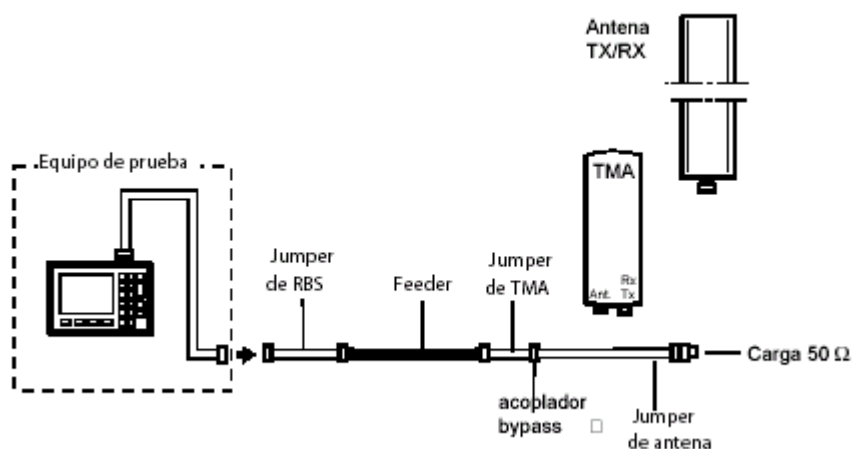


Figura 6-4 Prueba de DTF con carga en lugar de antena

Cuando en la gráfica el pico se encuentra a una distancia que cae en el largo del feeder, entonces debe verificarse si el feeder está dañado físicamente. Hay ocasiones que durante la instalación el feeder puede golpearse y dañarse, o cuando se le hacen cortes al forro para hacer los aterrizajes también puede dañarse. Entonces debe de verse si el daño fue hecho durante la instalación o si es un daño interno del feeder.

6.1.2 Medición de SWR.

Después de realizar la prueba de DTF, se conectan de nuevo los TMA's para realizar la prueba del SWR. El propósito de esta prueba es verificar el arreglo de antenas completo. La prueba verifica que el SWR no sea demasiado alto y que la señal no sea reflejada de regreso dentro de la RBS.

La figura 6-5 muestra como se hace la conexión para realizar la medición

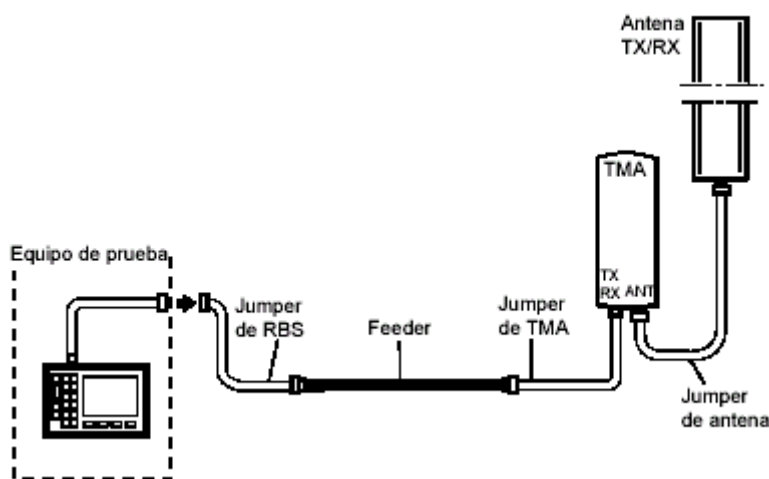


Figura 6-5 Conexiones para medición del SWR

La gráfica obtenida debe de estar por debajo de $SWR = 1.4$ (15.6 dB). Cuando la gráfica se sale de este valor es posible que se encuentre dañado entonces el TMA o el duplexor si es que se está usando, en este caso debe cambiarse el TMA o duplexor que se tiene dañado, en ocasiones es sólo que no están bien conectados los jumpers. Es muy poco probable encontrar fallas en la prueba de SWR si se ha pasado bien la prueba de DTF y si los TMA's o duplexores no estan dañados.

Una vez terminada la prueba de SWR se carga el software con la configuración requerida a la RBS como se indicó en el punto 4.4.1.

6.2 Prueba de llamadas de la Radio Base.

Para realizar la prueba de llamadas se utiliza un software llamado BSCSim, que es un emulador de conmutación, es decir, emula al BSC. Este emulador permite hacer la prueba de la BTS sin tener la necesidad de conocimientos detallados de la conmutación. Genera comandos que están contruidos de acuerdo con el código de lenguaje hombre máquina ordinario del BSC. Por lo tanto hace el control como si se hiciera de un BSC real.

La prueba de llamadas se realiza debido a que es posible que aun no se encuentre disponible la transmisión del controlador de la estación base BSC. El BSCSim representa una herramienta útil y que resulta amigable al usuario.

En el BSCSim se define la configuración del sitio incluyendo una o más estaciones base de radio, y puede salvarse estas configuraciones para pruebas repetidas posteriores.

El siguiente diagrama de flujo describe el trabajo normal usando el BSCSim.

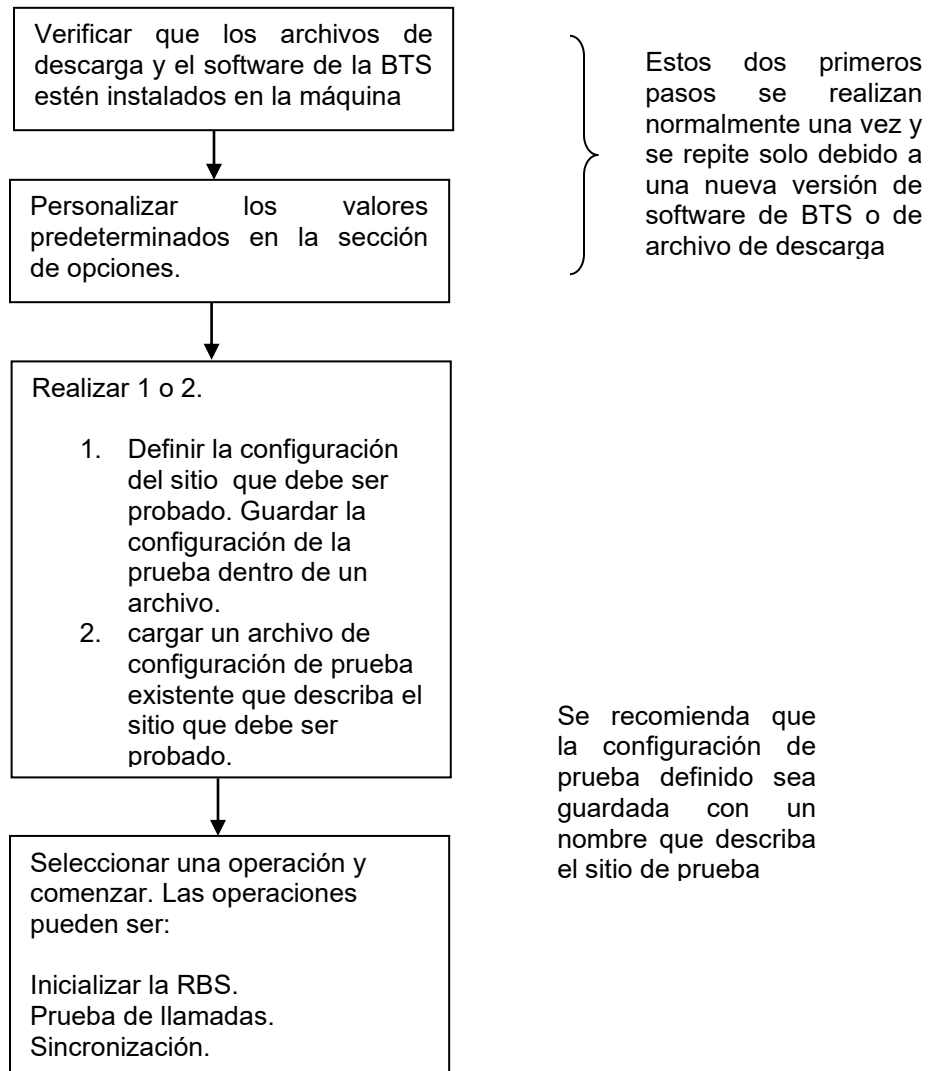


Figura 6-6 Trabajo con el BSCSim.

Para definir una nueva configuración, seleccionar en el menú **File** la opción de **New Configuration**. Enseguida, aparecerá la siguiente pantalla (figura 6-7):

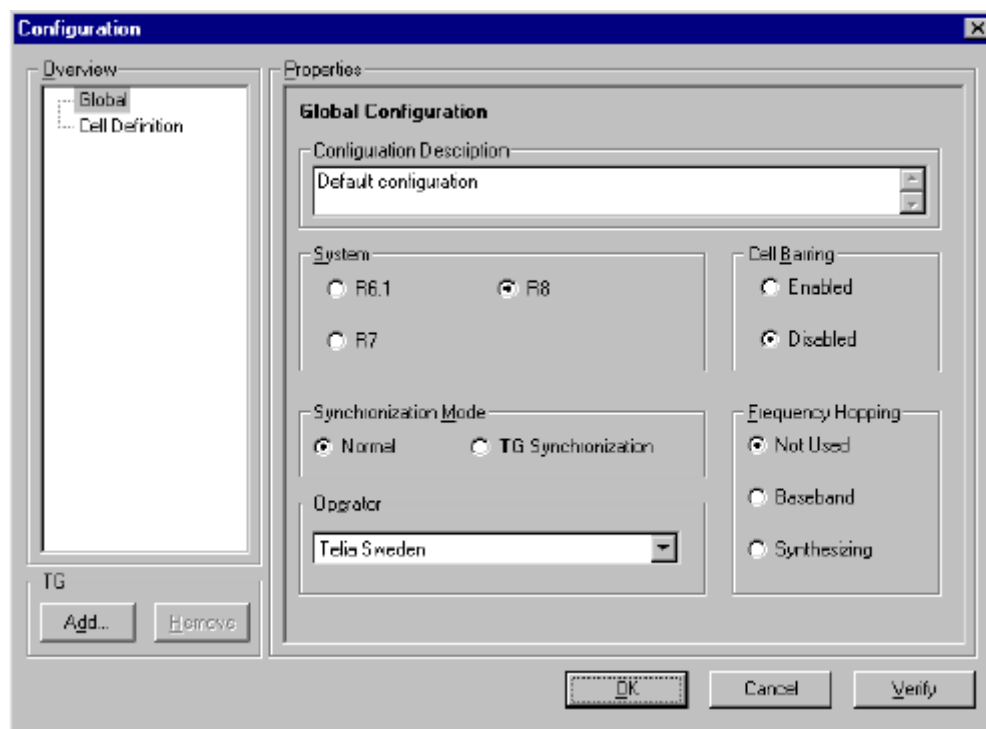


Figura 6-7

en esta pantalla se puede definir lo siguiente:

- Descripción de configuración. Puede introducirse una pequeña descripción de la configuración que va a definirse.
- Sistema. Selecciona la revisión de el sistema de GSM a simularse durante la prueba.
- Modo de sincronización. Selecciona las configuraciones normal o cascada.
- Operador.
- Obstrucción de célula. Con la obstrucción de célula habilitada, un teléfono móvil ordinario no puede engancharse a la célula. Esto puede ser muy útil para prevenir que móviles cercanos se enganchen a la célula de prueba. Para hacer la prueba de llamadas mientras la célula está bloqueada se utiliza un teléfono especial que pueda anular el bloqueo.
- Salto de frecuencia.
En banda base. Cada transmisor opera en una frecuencia fija. En transmisión, todas las ráfagas, sin importar a que conexión pertenezca, son enrutadas desde el TRX a el transmisor con la frecuencia apropiada.
Sintetizado. Un transmisor maneja todas las ráfagas pertenecientes a una conexión específica. Este transmisor sintoniza la frecuencia correcta en la transmisión de cada ráfaga.

En esta pantalla, se anotará la versión correcta del sistema. Las versiones de SW en la BTS se pueden ver con el OMT (botón derecho del mouse en "RBS 2000", después dar click en "Display Software Versions"). En este caso la versión será R7, el modo de Sincronización NORMAL y el operador México TELCEL.

Teclear Add para seleccionar la frecuencia (GSM 1900), tipo de RBS (RBS 2102) y número máximo de TRU's (2 por celda, figura 6-8).

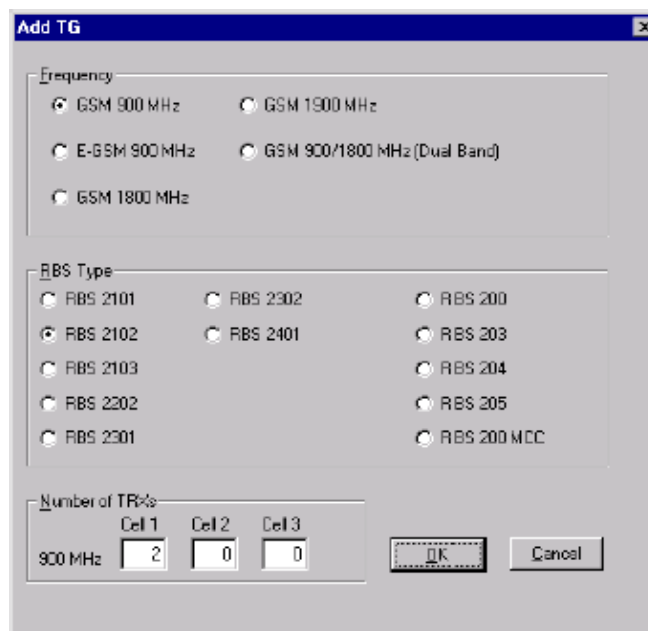


Figura 6-8

Edición del TG.

El TG agregado será nombrado en la ventana overview de acuerdo al tipo de RBS (figura 6-9):

RBS 200 RXETG-número [tipo de RBS]
RBS 2000 RXOTG-número [tipo de RBS]

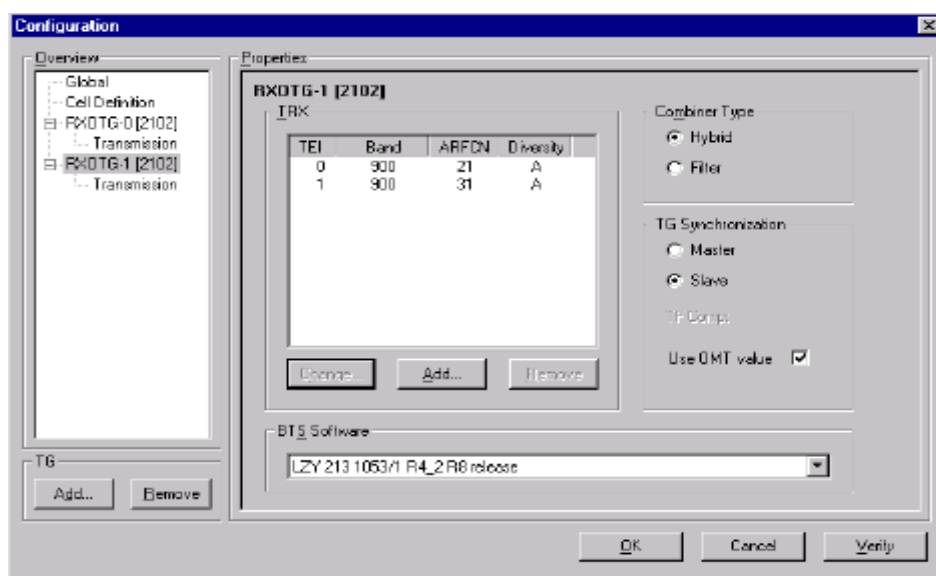


Figura 6-9

En este menú puede especificarse lo siguiente:

- El software de la BTS. Selección del software que será usado por este TG. El SW de BTS debe ser seleccionado para crear la configuración. Se debe asegurar que el SW de BTS escogido es compatible con la revisión del sistema GSM, ya que el BSCSim no determina la revisión desde la versión del SW de BTS.
- Tipo de combinador. Se puede seleccionar un combinador híbrido o de filtro. Debe de seleccionarse el correcto para inicializar la RBS.
- Sincronización de TG. Si la sincronización de TG se va a seleccionar en la ventana Global para la configuración, entonces se habilitará esta selección.
- TRX. Todos los TRX's para el TG son listados. El usuario puede agregar, cambiar propiedades o remover TRX's. Dentro de estos cambios se encuentran el TEI que es la posición del radio en el gabinete; la banda a la cual operará el radio; el número de canal para el TRX y la diversidad.

Edición del TG.

Dentro de esta ventana (figura 6-10) puede especificarse el tipo de señalización a utilizar, así como también si la RBS esta conectada en cascada o no con otra y la conexión entrante de PCM.

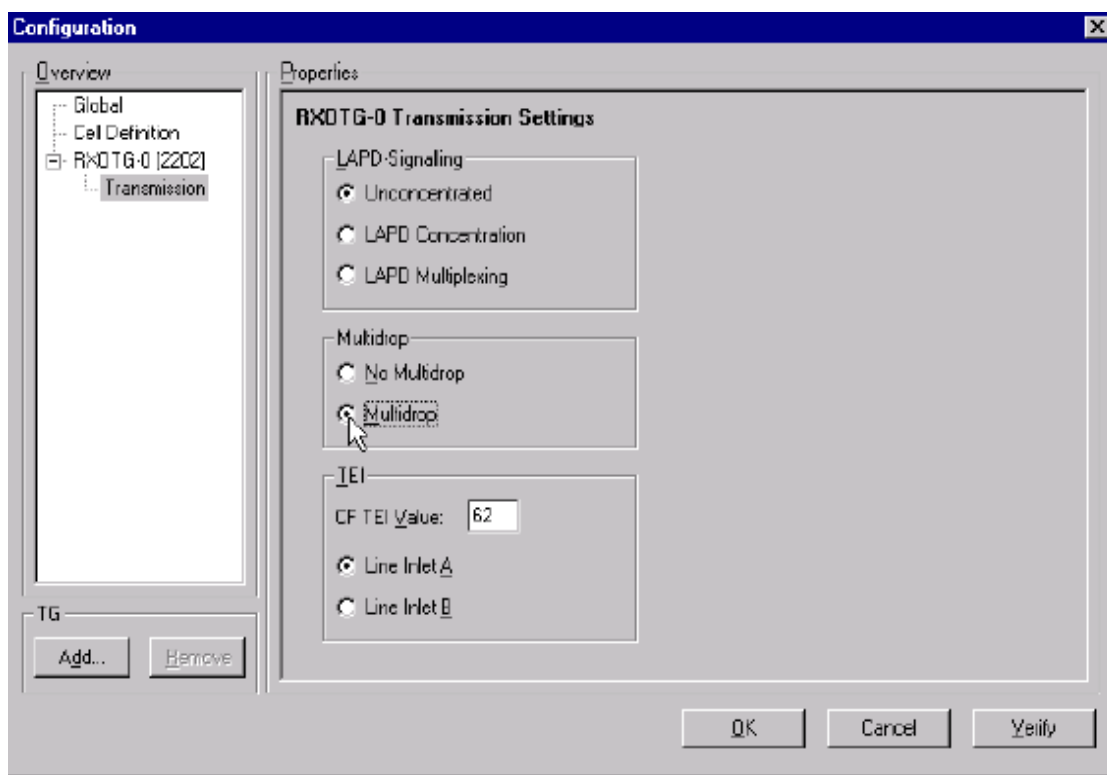


Figura 6-10

Dentro de la pestaña "Cell Definition" se puede observar el número de radios asignados a la célula, que como máximo pueden ser dos, así como un número máximo de tres células por sitio. Pueden definirse el número de radios en la célula así como la potencia de transmisión para los canales de señalización y voz. Puede también asignarse un código de área de localización.

Se guarda la configuración para realizar inicializar la RBS y hacer la prueba de llamada.

En la pantalla que se muestra a continuación (figura 6-11), en el menú de “Operation” pueden elegirse las siguientes opciones:

Star RBS: Esta operación sólo lleva a operación a la RBS de acuerdo a la selección del usuario. Todos los objetos comunes y los TRX’s seleccionados serán puestos en servicio.

Call Test: todos los time slots seleccionados se probarán en secuencia. La operación de prueba de llamada inicia la operación de “Star RBS” si es necesario.

Para iniciar la operación seleccionada se escoge el botón “Start”.

Conectar el PCM (verificar TX y RX del DIP), Poner la DXU en modo Local y los TRU’s también, después elegir START RBS desde el menú OPERATION. Escoger START y cuando se hayan cargado los TRU’s, en la línea STATUS BAR aparecerá la leyenda “THE RBS WAS SUCCESFULLY STARTED”.

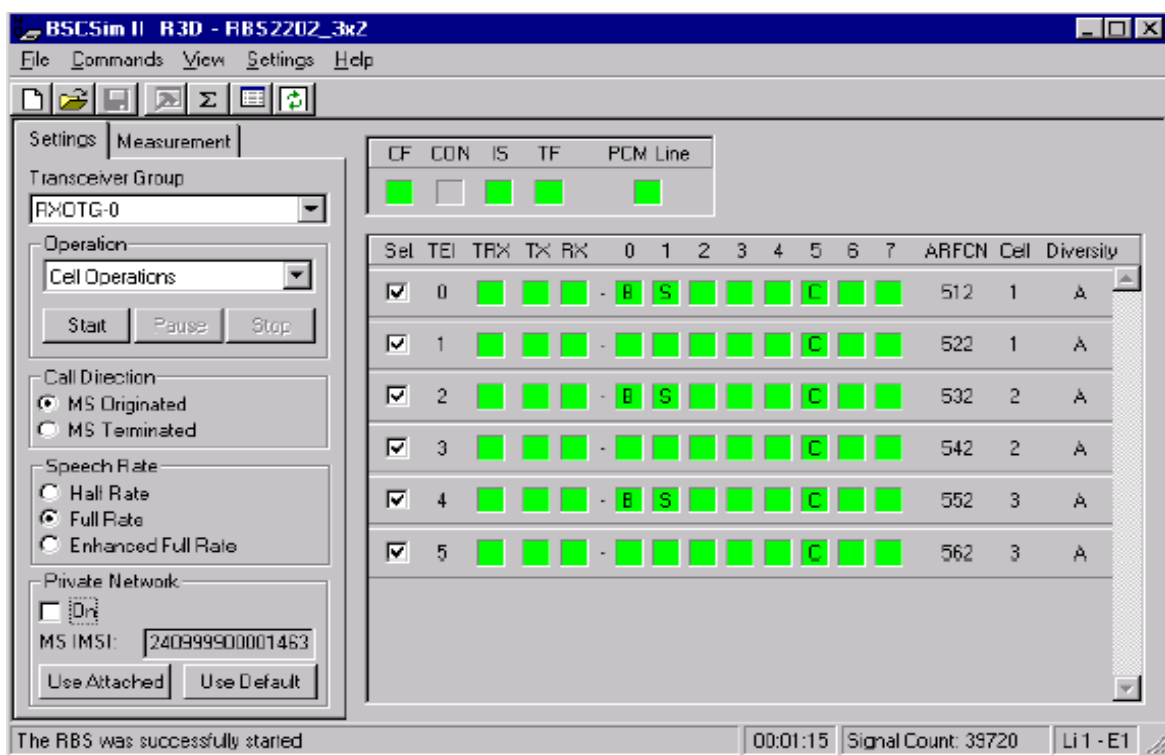


Figura 6-11

En la pantalla anterior, se seleccionan los TS a probar por medio del botón derecho del mouse, en el campo del TS requerido. Ahí, seleccionar “SELECT FOR TEST CALL” (figura 6-12), para habilitar el TS o bien DESELECT FOR TEST CALL, para deshabilitar.

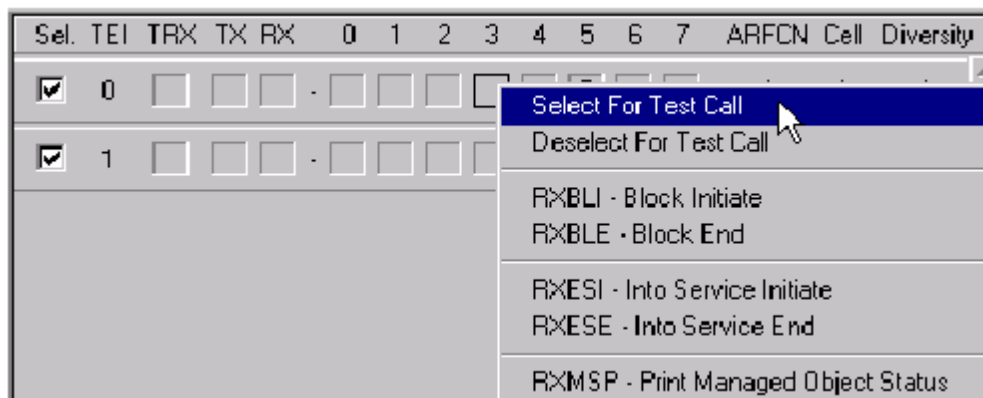


Figura 6-12

Una vez seleccionado el TS, en el menú “CALL DIRECTION” elegir MS Originated posteriormente en “OPERATION” elegir “CALL TEST” y “START”.

Realizar una llamada con el teléfono de prueba marcando a cualquier numero, verificar calidad de voz. Probar todos los TS de cada TRU.

Se recomienda probar con el móvil separado de la RBS a 50 metros. Los niveles de señal UPLINK y DOWNLINK aparecen cuando la llamada finaliza, mantener la llamada al menos 20 segundos, para que la prueba sea válida.

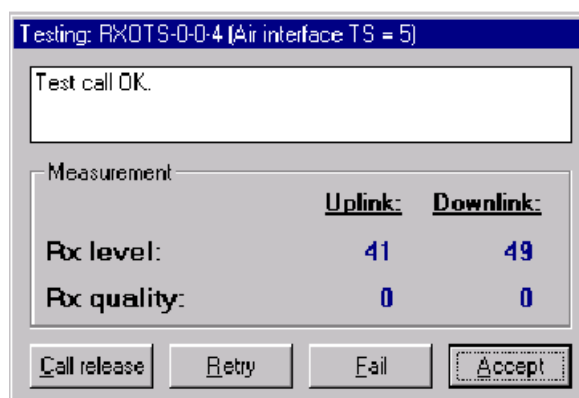


Figura 6-13

Una vez terminadas todas las llamadas, es posible ver los niveles de señal de cada TS probado. Para éste efecto seleccione “MEASUREMENTS” (figura 6-14) y después seleccionar el TS que se desee visualizar.

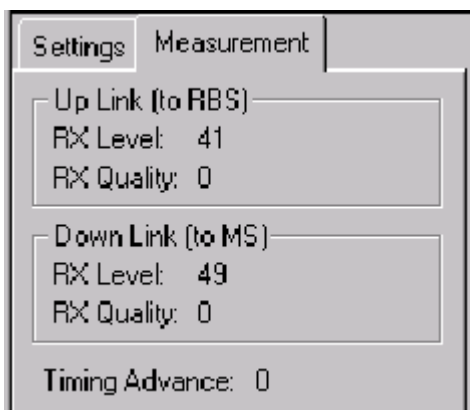


Figura 6-14

Se repite la prueba con el TS seleccionado previamente, en el menú "CALL DIRECTION" se elige MS Terminated posteriormente en "OPERATION" elegir "CALL TEST" y "START".

Esperar que el teléfono de prueba reciba la llamada, verificar calidad de voz. Probar todos los TS de cada TRU.

Para bloquear los TRU's, se elige en cada uno TX y con click derecho seleccionar "RXBLI-Block Initiate" (figura 6-15).

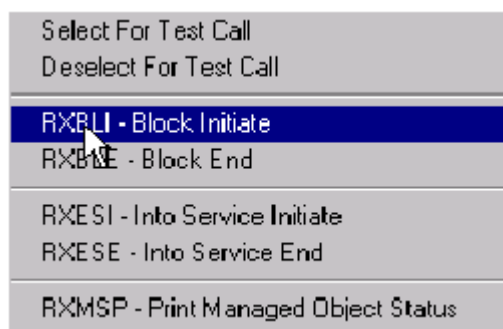


Figura 6-15

Las telecomunicaciones se desarrollan hacia las redes de comunicación personal, cuyo objetivo es la disponibilidad de todos los servicios de comunicación todo el tiempo, donde sea, para cualquier persona, con un número sencillo de identificación y todo en una terminal realmente pequeña. El tener una multitud de sistemas incompatibles, ha llevado desde hace varios años a tratar de crear un estándar. Este estándar es GSM y en la actualidad permite a los usuarios en México estar dentro de la red mundial.

En este trabajo se ha dado una vista general del sistema GSM, con la cual, se profundizó después en la estación base de radio, debido a que esta última es la parte fundamental del concepto de las redes móviles y es en esta donde se encuentran instalados los equipos de radio que manejan de primera instancia la voz y los datos que llegan del usuario. Los conocimientos más amplios que se tengan acerca del funcionamiento de la red GSM y del equipo de radio existente en la estación base se traducirán en una optimización del uso de los recursos de radio, que es lo mas costoso en un sistema de comunicación móvil. Debido a que el estándar es muy extenso se hizo un esfuerzo para que el trabajo de al lector la esencia sobre la filosofía detrás del diseño de la red GSM.

GSM ha evolucionado para ser la principal norma global de segunda generación, en términos de número de abonados y área de cobertura, y la más adaptable para la migración a la tercera generación.

La tecnología puede ser de varios fabricantes, tenemos en México el caso de la red GSM del operador Telefónica Movistar, en cuya red se encuentra dispositivos de radio de Ericsson y de Nokia trabajando juntos. Para el caso de la red operada por TELCEL quien implementó inicialmente la red GSM (y que hasta el momento es quien tiene más cobertura) se tiene sólo equipo de radio Ericsson (RBS 2000). El trabajo da al lector el conocimiento del equipo de radio que se utiliza actualmente en las estaciones bases, en específico de las RBS de la serie 2000 de Ericsson (quien es el principal proveedor de la tecnología GSM en México). Este equipo es de fácil instalación y fácil configuración.

En el trabajo de campo al surgir problemas en el funcionamiento (esto es al realizar las pruebas mencionadas en el capítulo seis) es esencial tener los conocimientos de las partes funcionales de la RBS y de los métodos de instalación de esta para poder darles una solución asertiva. De aquí la importancia de los capítulos cuatro, cinco de este trabajo, pues dan al lector una explicación concreta de las partes funcionales así como las herramientas suficientes para poder realizar una instalación y configuración correcta. Las pruebas mencionadas en el capítulo seis arrojan los resultados de una instalación y configuración correcta, es así como todo está relacionado.

En México aun cuando hay dos operadores de GSM aun no hay acuerdo entre ellos para que los usuarios de una red puedan hacer uso de la otra, y el tercer operador en México tiene una red implementada en CDMA, quien empieza a migrar hacia 3G y con quien tampoco hay un acuerdo para poder tener acceso. Puede decirse entonces que la telefonía celular en México tiene incertidumbre por parte de los operadores pues no encuentran la forma más correcta de comercializar los servicios adicionales de transmisión de datos y multimedia. Esto se debe a que la tecnología de comunicación móvil se crea a partir de la necesidad de tener una herramienta que expanda nuestras posibilidades de estar comunicados, sin embargo, la tecnología de generación 2.5 y 3 cubren necesidades que la mayoría de usuarios de nuestro país aun no tienen, ya que en general los usuarios en México sólo utilizan la transmisión de voz.

En este sentido el trabajo propone en el apéndice E algunas aplicaciones que se puede dar a la red GSM/GPRS, que no están limitadas a los usos que comúnmente se comercializan, sino que se expanden a campos como el de la medicina y la telemetría. Estas propuestas de aplicación pueden servir de base para otros trabajos de investigación y desarrollo.

GSM es un estándar muy complejo, pero ése es probablemente el precio que se debe pagar para alcanzar el nivel del servicio integrado y de la calidad ofrecidos tomando en cuenta las restricciones bastante severas impuestas por el ambiente de radio. Pero esa complejidad y los avances logrados en la tecnología es lo que hará que se pueda migrar de manera “sencilla” hacia las redes celulares de tercera generación. Aunque realmente en México sólo se está teniendo pequeñas muestras de los que serán las redes 3G, y esto es porque los operadores de GSM quieren explotar al máximo sus redes recientemente implementadas.

El acceso de radio de segunda generación ha sido una característica que ha tenido mucho éxito en la industria global de las telecomunicaciones, integrando telefonía y servicios de datos a usuarios finales móviles. La tasa de crecimiento de la telefonía móvil de segunda generación indica que la comunicación móvil se encuentra bien en camino hacia la penetración completa en el mercado en masa. Multimedia está penetrando también en el mercado en masa, gracias al enorme crecimiento de la Internet. La terminal móvil y los servicios multimedia de la Internet en combinación forman la base de la comunicación inalámbrica integrada y el sistema de acceso multimedia de mañana.

La migración de la red GSM/GPRS a la tercera generación en México no necesitará de cambios muy drásticos en las estaciones base que existen en la actualidad, la gran mayoría están implementadas por medio de las RBS 2000 en cualquiera de sus versiones y son capaces de soportar EDGE. Como se mostró en el trabajo EDGE no cambia nada en los que respecta a la red sólo a nivel de la estación base, y las RBS 2000 con pequeños cambios puede trabajar bajo este estándar.

Cumpliendo así con el objetivo de crear un trabajo lo mas documentado posible, se espera que este trabajo sirva como base a todos aquellos interesados en la tecnología que se usa en México en su sistema celular GSM y que servirá como base para la migración a la tercera generación de telefonía celular.

Apéndice A Muestreo, Modulación y Perdidas.

Teorema de Nyquist.

El teorema de muestreo de Nyquist establece la tasa mínima de muestreo (F_s) que puede ser usada para un sistema PCM (pulse code modulation). Para que un muestreo sea reproducido adecuadamente en el receptor, cada ciclo de la señal analógica de entrada (F_a) debe ser muestreada al menos dos veces. Consecuentemente, la tasa mínima de muestreo es igual al doble de la frecuencia de entrada de audio más alta. Si F_s es menor que el doble de F_a , habrá distorsión. Esta distorsión es llamada "aliasing". Matemáticamente, la tasa mínima de muestreo de Nyquist es:

$$F_s \geq 2F_a$$

Donde:

F_s = tasa mínima de muestreo de Nyquist.

F_a = frecuencia más alta a ser muestreada.

Si la frecuencia más alta contenida en una señal analógica $x_a(t)$ es $F_{\max} = B$ y la señal muestreada a una razón $F_s > 2 F_{\max} \equiv 2B$, entonces $x_a(t)$ puede ser exactamente recuperada de sus valores de muestreo usando la función de interpolación:

$$g(t) = \frac{\sin 2\pi Bt}{2\pi Bt}$$

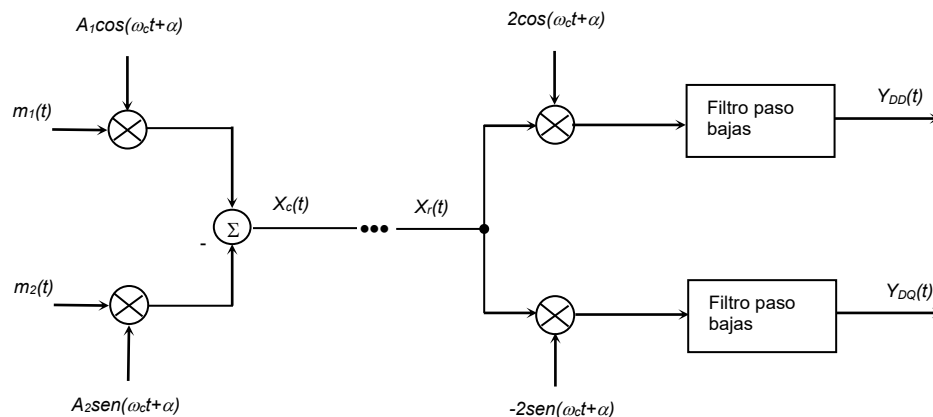
Modulación MSK.

La modulación MSK es una modificación de la modulación QPSK por lo que comenzaremos describiendo este tipo de modulación.

QPSK. Consideremos que tenemos dos señales de datos $m_1(t)$ y $m_2(t)$ las cuales han sido moduladas dentro de portadoras con la misma frecuencia. Esto puede ser posible si $m_1(t)$ y $m_2(t)$ están separadas en el receptor usando portadoras que estén en *cuadratura de fase*. Esto es, la señal transmitida es:

$$x_c(t) = A_1 m_1(t) \cos(2\pi f_c t + \alpha) - A_2 m_2(t) \sin(2\pi f_c t + \alpha) \dots (a)$$

donde α es una constante de corrimiento de fase. El diagrama de bloques del modulador y del demodulador de este esquema se muestra en la figura siguiente:



Si $m_1(t)$ y $m_2(t)$ son señales digitales con amplitudes de ± 1 los cuales pueden cambiar con intervalos de tiempo espaciados por T_s segundos, $x_c(t)$:

$$x_c(t) = A_c \cos[2\pi f_c t + \theta(t) + \alpha] \dots (b)$$

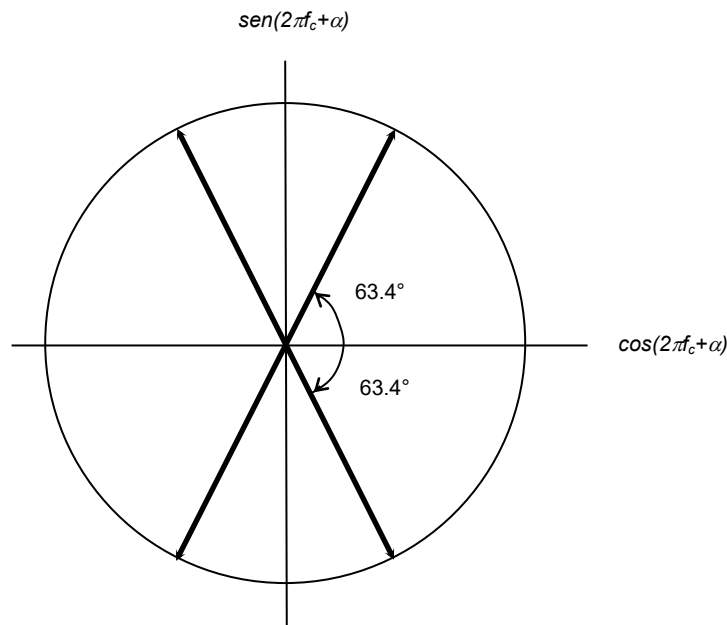
donde:

$$\theta(t) = \tan^{-1} \frac{A_2 m_2(t)}{A_1 m_1(t)}$$

$$A_c = \sqrt{A_1^2 + A_2^2}$$

Los fasores correspondientes a la ecuación anterior se muestran en la figura siguiente, para m_1 y m_2 valuados binariamente. Puede verse que $x_c(t)$ es una función modulada digitalmente con una amplitud constante(en la figura $A_1=1$, y $A_2=2$), cuya desviación de fase toma los valores:

$$\begin{aligned} & \tan^{-1} \frac{A_2}{A_1}, \quad \tan^{-1} \frac{A_2}{A_1} + \pi \\ & -\tan^{-1} \frac{A_2}{A_1}, \quad -\tan^{-1} \frac{A_2}{A_1} + \pi \end{aligned}$$



Si $A_1 = A_2 = A/\sqrt{2}$ y $m_1(t)$ y $m_2(t)$ tienen instantes alineados cuando sus signos pueden cambiar, la señal modulada resultante recibe el nombre de "quadrature phase-shift keying" (QPSK). Si $A_1 = A_2$, pero en el instante de tiempo cuando $m_1(t)$ puede cambiar de signo hay un defasamiento de $T_s/2$

segundos con respecto al instante en que $m_2(t)$ puede cambiar de signo, la señal modulada en fase recibe el nombre de “*offset QPSK*”(OQPSK).

MSK. Otra forma de escoger a $m_1(t)$ y $m_2(t)$, lo cual nos permite expresar a (a) en su forma de envolvente constante es:

$$\begin{aligned} m_1(t) &= a_1(t) \cos 2\pi f_1 t \\ \text{y} \\ m_2(t) &= a_2(t) \sin 2\pi f_1 t \end{aligned}$$

con $A_1 = A_2$, donde $a_1(t)$ y $a_2(t)$ son señales binarias valuadas en ± 1 cuyos signos deben cambiar cada T_s segundos, con un offset de conmutación para $a_2(t)$ respecto a $a_1(t)$ de $T_s/2$ segundos. El resultado para $x_c(t)$ es de la forma (b) con $A_1 = A_2 = A_c$ y

$$\theta(t) = \tan^{-1} \left[\frac{a_2(t)}{a_1(t)} \tan 2\pi f_1 t \right] = \pm 2\pi f_1 t + u_k$$

Donde el signo de el primer termino de la ecuación anterior es “menos” si el signo de a_1 y a_2 son el mismo, y “mas” si son contrarios. El ángulo $u_k = 0$ ó $\pi - 2\pi$ corresponde a $a_1 = 1$ o -1 , respectivamente. Por lo que para este caso (a) queda de la siguiente forma:

$$x_c(t) = A_c \cos[2\pi(f_0 \pm f_1)t + u_k] \cdots (c)$$

De la ecuación podemos ver que el signo que precede a f_1 debe cambiar a intervalos de $T_b = T_s/2$ segundos, mientras a_1 y a_2 están escalonadas.

Con $f_1 = 1/(2T_s) = 1/(4T_b)$ y a_1 escalonada $T_s/2 = T_b$ segundos con respecto a a_2 , la fase de $x_c(t)$ es continua, y la onda resultante recibe el nombre de “*minimum-shift-keyed (MSK) signal*” su nombre se debe a que $\Delta f = 2f_1 = 1/(2T_b)$ es el mínimo espaciado de frecuencia para las dos señales representadas en (c), para ser coherentemente ortogonales. Podemos entonces ver que MSK deriva de OQPSK remplazando el pulso rectangular en amplitud con un pulso sinusoidal de medio ciclo.

Propagación.

En los sistemas de radio móvil a diferencia de las redes alambreadas, las señales electromagnéticas se transmiten en el espacio libre. Por lo tanto se requiere una familiaridad total con las características de propagación de las ondas de radio para el desarrollo de los sistemas de radio móviles. Se han desarrollado métodos especiales para determinar las características de los canales de radio, y estos consideran los efectos físicos clave en los diferentes modelos. La elección del modelo depende de la frecuencia y el rango de las ondas de radio, las características del medio de propagación y el arreglo de antenas.

Propagación Gaussiana.

Sólo es posible proporcionar una descripción genérica de un canal de transmisión sobre la base de un escenario de la vida real. En el rango de frecuencia de radio móvil en consideración. Los cambios tales como el movimiento de reflectores alteran las condiciones de propagación. Las estadísticas de las señales es otra forma de desarrollar una comprensión matemática del canal de propagación.

La función de distribución resultante de la superposición de un infinito número de variables aleatorias independientes estadísticamente es, basado en el teorema del límite central, una función gaussiana.

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}$$

los principales valores m y σ proporcionan una descripción completa de la distribución gaussiana.

En la suposición de que todas las ondas componentes son aproximadamente incidentes en un plano y aproximadamente tienen la misma amplitud, una distribución del tipo Rayleigh ocurre en la envolvente de la señal. Esta suposición aplica en particular cuando el receptor no tiene conexión de línea de vista con el transmisor debido a la falta de dominación de una componente de onda en particular. La función de densidad de distribución de la envolvente $r(t)$ es:

$$p(r) = \frac{r}{\sigma^2} e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}}$$

La frecuencia de desvanecimiento que puede ser del orden de 30 a 40 dB de fondo, es dependiente de la velocidad a la cual los receptores se mueven, y puede describirse a base del corrimiento Doppler de la frecuencia de transmisión. La razón R_N a la cual el nivel de potencia del campo prescrito es excedido se calcula como:

$$N_R = \sqrt{2\pi} f_m \rho e^{\rho^2}$$

con f_m siendo el cociente de la velocidad del receptor móvil y la longitud de onda: $f_m = v / \lambda$ y ρ indicando la relación entre el nivel de la señal recibida y el nivel principal.

Debido a que las componentes de fase y cuadratura de la señal transmitida son distribuidas de forma Gaussiana y la potencia del campo sigue una distribución Rayleigh, las fluctuaciones de la señal que surgen debido a la propagación de multitrayectoria son llamadas desvanecimiento Raleigh.

El desvanecimiento de la señal debido a desvanecimiento Rayleigh ocurren en intervalos de el orden de la mitad de la longitud de onda.

Multitrayectorias.

El desvanecimiento se refiere a las fluctuaciones en la amplitud de la señal que ocurre debido a la interferencia relacionada a la propagación.

Debido a que hay obstáculos y reflectores en el canal de propagación inalámbrico, la señal transmitida arriba al receptor desde varias direcciones sobre una multiplicidad de trayectorias. Tal fenómeno recibe el nombre de multitrayectoria. Este es un impredecible grupo de reflexiones y ondas directas cada una con su grado de atenuación y retardo.

Además de la atenuación causada por la distancia las ondas radiadas siempre pierden energía a través de las reflexiones, transmisión y difracción debido a los obstáculos.

La multitrayectoria se describe usualmente por:

- Línea de vista (LOS): la conexión directa entre el transmisor y el receptor.
- No línea de vista (NLOS): son las trayectorias que llegan después de reflexiones.

Las ondas componentes individuales pueden en consecuencia superponerse ellas mismas constructiva o destructivamente y producen un perfil de señal estacionario, conocido como desvanecimiento por trayectoria múltiple, el cual produce un perfil de señal típico sobre una trayectoria cuando el receptor se está moviendo, conocido como desvanecimiento de termino corto. La dispersión puede causar interferencia entre los símbolos transmitidos

Pérdida por trayectoria.

La pérdida por trayectoria en el espacio libre esta dada por la siguiente ecuación:

$$L = \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2$$

describe la difusión espacial de la energía transmitida sobre la trayectoria de longitud d . Cualesquiera que sean las condiciones que causen cambios en la atmósfera, a su vez afectarán las condiciones de propagación de las ondas. La atenuación es dependiente de la frecuencia y tiene considerables afecciones en algunas frecuencias y menos en otras.

La propagación en el espacio libre es de poca importancia práctica en las comunicaciones móviles, debido a que en realidad siempre aparecerán en la trayectoria de propagación superficies reflejantes y obstáculos

Apéndice B Conceptos de Antenas.

Definición.

La definición formal de una antena es un dispositivo que sirve para transmitir y recibir ondas de radio. Convierte la onda guiada por la línea de transmisión (el cable o guía de onda) en ondas electromagnéticas que se pueden transmitir por el espacio libre.

En realidad una antena es un trozo de material conductor al cual se le aplica una señal y esta es radiada por el espacio libre.

Las antenas deben de dotar a la onda radiada con un aspecto de dirección. Es decir, deben acentuar un solo aspecto de dirección y anular o mermar los demás. Esto es necesario ya que sólo nos interesa radiar hacia una dirección determinada.

Las antenas también deben dotar a la onda radiada de una polarización. La polarización de una onda es la figura geométrica descrita, al transcurrir el tiempo, por el extremo del vector del campo eléctrico en un punto fijo del espacio en el plano perpendicular a la dirección de propagación. Para todas las ondas, esa figura es normalmente una elipse, pero hay dos casos particulares de interés y son cuando la figura trazada es un segmento, denominándose linealmente polarizada, y cuando la figura trazada es un círculo, denominándose circularmente polarizada.

Una onda está polarizada circularmente o elípticamente a derechas si un observador viese a esa onda alejarse, y además viese girar al campo en el sentido de las agujas de un reloj. Lógicamente, si lo viese girar en sentido contrario, sería una onda polarizada circularmente o elípticamente a izquierdas.

Distribución de corriente en una antena.

Una antena, al ser un elemento de un circuito, tendrá una distribución de corrientes sobre ella misma. Esta distribución dependerá de la longitud que tenga la antena y del punto de alimentación de la misma.

Una onda estacionaria es una onda que se crea cuando una señal se está propagando por un medio de transmisión y es reflejada por culpa de una mala adaptación o por culpa de un final de línea.

Primero se tiene una línea acabada en circuito abierto y alimentada en uno de sus extremos.



Figura B-1 Circuito de la antena

En el momento de alimentar a esta línea de transmisión con una señal senoidal, se crea una onda que se propaga por la línea.

Esta señal se irá repitiendo cada longitud de onda (una longitud de onda y no media longitud de onda) ya que es una señal senoidal y es periódica. Esto provoca que ahora tengamos una distribución de corrientes que no es constante y que varía en función de la longitud de onda.

En la figura B-2 se puede ver una representación gráfica de como quedaría una distribución de corrientes en la línea que estamos tratando.

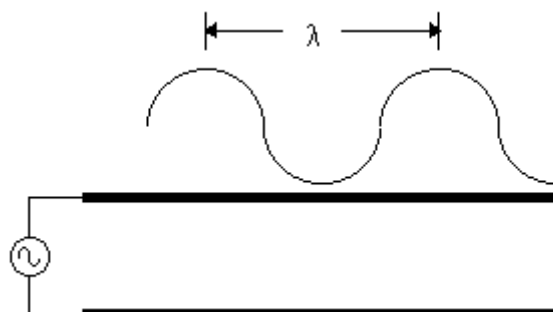


Figura B-2 Representación de corrientes

Una vez que la onda llega al final de la línea, esta es reflejada al no poder continuar su camino, volviendo hacia el generador. Esta onda reflejada tiene un desfase de 90° respecto de la onda incidente, por lo que al sumarse con la onda incidente, se tienen puntos en donde la suma de un máximo y en donde de un mínimo. Esta suma de las dos ondas es la onda estacionaria que estamos buscando.

Si en vez de estar acabada la línea en circuito abierto, estuviera acabada en corto circuito, también se reflejaría la onda, pero en vez de estar desfasada 90° , estaría desfasada 180° . También se sumaría a la onda incidente y lógicamente también creará la onda estacionaria.

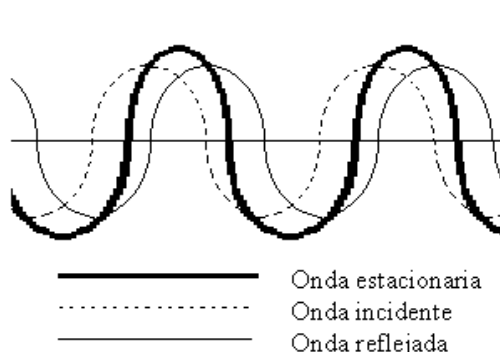


Figura B-3 Ondas incidente, reflejada y estacionaria

En la figura B-3 se observa como quedan la onda incidente, la reflejada y la estacionaria en la línea de transmisión que estamos tratando.

Esta es la onda estacionaria que se crea en la línea. Para entenderlo mejor se suele representar el módulo de la intensidad, que sería lo que mediría un medidor de corriente de RF, y la tensión en la misma línea.

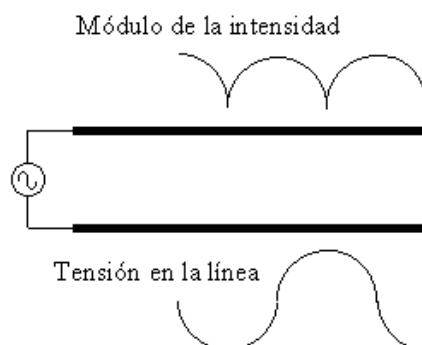


Figura B-4 Modulo de intensidad y tensión en la línea

Una cosa que no se ha comentado, pero que es muy importante, es la posición de los máximos y de los mínimos de una onda estacionaria.

Al estar acabada la línea en un circuito abierto, en ese punto no podrá desplazarse la corriente, luego el módulo de la corriente en el extremo de la línea tendrá un mínimo. Por la misma razón, la tensión en ese punto tendrá un máximo, ya que hay máxima concentración de energía.

Al ir variando la tensión y la intensidad en la línea, la impedancia también irá variando. Este detalle es importante puesto que una vez que tengamos diseñada nuestra antena, dependiendo del punto en el que la alimentemos, tendremos distinta impedancia. Así por ejemplo, si tenemos un cable de 50 ohmios para alimentar una antena, nos interesará alimentarla por un punto que presente impedancia cercana a 50 ohmios para tener las mínimas pérdidas por desacople de impedancias.

Como podemos ver en la imagen anterior, el módulo de la corriente en la línea se repite cada media longitud de onda, que es la distancia que se utiliza para diseñar antenas.

En realidad hay muchos tipos de antenas y cada una utiliza una parte distinta de la longitud de onda, así que dependiendo de la aplicación que queramos, del tipo de antena que queramos utilizar y de más factores (espacio) utilizaremos una medida u otra.

Se analiza que ocurre cuando se modifica un poco la línea de transmisión que se esté tratando. Si se supone que se alimenta en un punto cualquiera y que se tiene creada una onda estacionaria en ella.

En la siguiente figura B-5 se tiene representada de forma esquemática como quedará esa onda en la línea, en donde se indica con flechas el sentido de las corrientes.

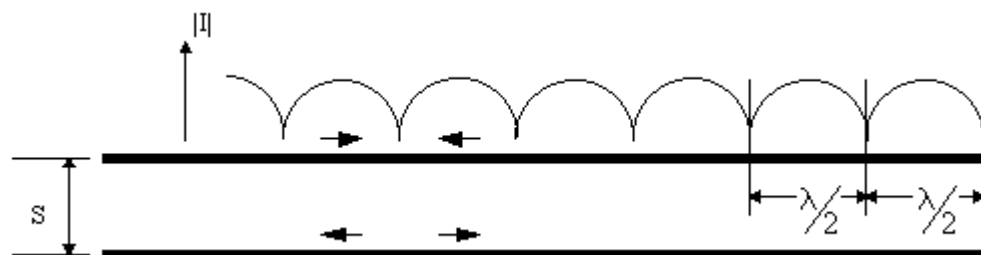


Figura B-5 Onda en la línea.

Sin involucrarse en cuestiones físicas, si una corriente circula por un conductor, creará un campo eléctrico y magnético en sus alrededores. Luego nuestra corriente creará un campo eléctrico y magnético, pero como se supone que la distancia (S) entre los dos conductores que forman la línea es pequeña, no se creará una onda que se propaga, puesto que la contribución que presenta el conductor superior se anulará con la que presenta el conductor inferior.

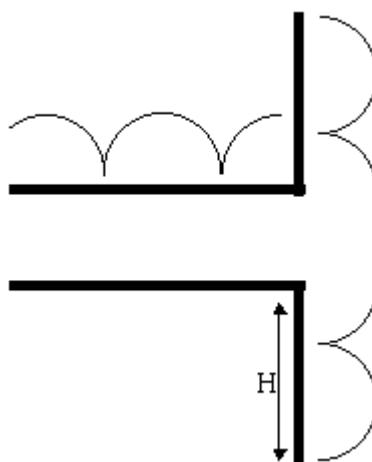


Figura B-6 separación de los conductores para generar la onda.

Pero si se separa en un punto los dos conductores, los campos que crean las corrientes ya no se anularán entre sí, si no que se creará un campo eléctrico y magnético que formará una onda que se podrá propagar por el espacio.

Según esto, dependiendo del punto desde el que separemos el conductor, se tendrá una longitud en los elementos radiantes (H) variable. Al variar esta longitud, la distribución de corriente variará, y lógicamente la onda que se creará y se propagará.

Hay que seguir observando que en los extremos se sigue teniendo un mínimo de corriente y que continúa repitiéndose cada media longitud de onda. Luego ahora se puede ver de forma gráfica, que si se supone que la antena son sólo los elementos radiantes y que el punto en el que se han separado es el punto de alimentación de la antena, el módulo de la intensidad en el punto de alimentación varía y lógicamente, también varía la impedancia que presenta la antena.

Véase como se distribuye la corriente en función de la longitud de la antena (H) y su diagrama de radiación en la tabla B-1. En ella se indica el ancho de haz a -3 dB, la directividad (D), la resistencia de radiación en el punto de máxima corriente (R_{rm}) y la resistencia en el punto de alimentación de la antena (R_{re}).

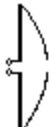
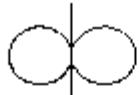
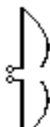
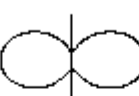
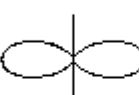
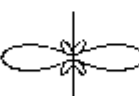
		$H = \lambda/4$ $\Delta\theta_{-3dB} = 78^\circ$	$R_{rm} = 73 \Omega$ $R_{re} = 73 \Omega$ $D = 1,64$
		$H = 3\lambda/8$ $\Delta\theta_{-3dB} = 64^\circ$	$R_{rm} = 180 \Omega$ $R_{re} = 360 \Omega$ $D = 1,94$
		$H = \lambda/2$ $\Delta\theta_{-3dB} = 48^\circ$	$R_{rm} = 199 \Omega$ $R_{re} = \infty \Omega$ $D = 2,41$
		$H = 5\lambda/8$ $\Delta\theta_{-3dB} = 33^\circ$	$R_{rm} = 105 \Omega$ $R_{re} = 210 \Omega$ $D = 3,33$
		$H = 3\lambda/4$ $\Delta\theta_{-3dB} = 33^\circ$ $\theta_{max} = 43^\circ$	$R_{rm} = 99,5 \Omega$ $R_{re} = 99,5 \Omega$ $D = 2,17$
		$H = \lambda$ $\Delta\theta_{-3dB} = 27^\circ$ $\theta_{max} = 57^\circ$	$R_{rm} = 260 \Omega$ $R_{re} = \infty \Omega$ $D = 2,52$

Tabla B-1 Diagramas de transmisión

Como se puede ver, no por tener una antena más larga logramos radiar mejor, lo único que conseguimos es variar el diagrama de radiación y la impedancia que presenta.

En la tabla B-1 se ve que una antena vertical de 5/8 longitudes de onda es una de las mejores, de las representadas, para hacer contactos a larga distancia (DX) puesto que es la que tiene el lóbulo de radiación más bajo y es la que presenta la directividad más pronunciada. Esta directividad nos indica que presenta una mayor ganancia en la dirección de propagación que se observa en el diagrama de radiación.

Parámetros generales de una antena.

Una antena va a formar parte de un sistema, por lo que se tienen que definir parámetros que la describan y nos permita evaluar el efecto que va a producir sobre nuestro sistema.

Impedancia:

Una antena se tendrá que conectar a un transmisor y deberá radiar el máximo de potencia posible con un mínimo de pérdidas. Se deberá adaptar la antena al transmisor para una máxima transferencia de potencia, que se suele hacer a través de una línea de transmisión. Esta línea

también influirá en la adaptación, debiéndose considerar su impedancia característica, atenuación y longitud.

Como el transmisor producirá corrientes y campos, a la entrada de la antena se puede definir la impedancia de entrada mediante la relación tensión-corriente en ese punto. Esta impedancia poseerá una parte real $R_e(w)$ y una parte imaginaria $R_i(w)$, dependientes de la frecuencia.

Si a una frecuencia una antena no presenta parte imaginaria en su impedancia $R_i(w)=0$, entonces se dirá que esa antena está resonando a esa frecuencia.

Normalmente se usa una antena a su frecuencia de resonancia, que es cuando mejor se comporta, luego a partir de ahora no se hablará de la parte imaginaria de la impedancia de la antena, si no que se hablará de la resistencia de entrada a la antena R_e . Lógicamente esta resistencia también dependerá de la frecuencia.

Esta resistencia de entrada se puede descomponer en dos resistencias, la resistencia de radiación (R_r) y la resistencia de pérdidas (R_L). Se define la resistencia de radiación como una resistencia que disiparía en forma de calor la misma potencia que radiaría la antena. La antena por estar compuesta por conductores tendrá unas pérdidas en ellos. Estas pérdidas son las que definen la resistencia de pérdidas en la antena.

Como es de interés que una antena esté resonando para que la parte imaginaria de la antena sea cero. Esto es necesario para evitar tener que aplicar corrientes excesivas, que lo único que hacen es producir grandes pérdidas.

Por ejemplo:

Se quiere hacer una transmisión en onda media radiando 10 KW con una antena que presenta una impedancia de entrada:

$$Z_e = 50 - j100 \text{ ohmios.}$$

Aplicando las fórmulas:

$$P = |I|^2 \times \text{Real}[Z_e] = |I|^2 = P / \text{Real}[Z_e]$$

Se obtiene que:

$$|I| = 14.14 \text{ A.}$$

Aplicando la ley de Ohm

$$|V| = |I| \times |Z_e| = 14.14 \times (50 - j100) = 14.14 \times 111.8 = 1580.9 \text{ V.}$$

Si ahora se logra hacer que resuene la antena, se tendrá que la impedancia de entrada no tendrá parte imaginaria, luego $Z_e = 50$ ohmios. Aplicando las mismas fórmulas de antes se obtiene que la intensidad que se necesita es la misma $|I| = 14.14 \text{ A}$, pero se ve que ahora la tensión necesaria es $|V| = 707 \text{ V}$.

Con este pequeño ejemplo puede verse que se ha ahorrado más de la mitad de tensión teniendo la antena resonando que si no la tenemos. No se ha dicho, pero se ha supuesto que la parte real de la impedancia de entrada de la antena no varía en función de la frecuencia.

Eficiencia:

Relacionado con la impedancia de la antena se tiene a la eficiencia de radiación y la eficiencia de reflexión. Estas dos eficiencias indicarán una, cuanto de buena es una antena emitiendo señal, y otra, cuanto de bien está adaptada una antena a una línea de transmisión.

La *eficiencia de radiación* se define como la relación entre la potencia radiada por la antena y la potencia que se entrega a la misma antena. Como la potencia está relacionada con la resistencia de la antena, se puede volver a definir la eficiencia de radiación como la relación entre la

Resistencia de radiación y la Resistencia de la antena:

$$\text{eficiencia de radiación} = \frac{R_r}{R_r + R_L}$$

La *eficiencia de adaptación* o *eficiencia de reflexión* es la relación entre la potencia que le llega a la antena y la potencia que se le aplica a ella. Esta eficiencia dependerá mucho de la impedancia que presente la línea de transmisión y de la impedancia de entrada a la antena, luego se puede volver a definir la eficiencia de reflexión como uno menos el módulo del coeficiente de reflexión al cuadrado, siendo el coeficiente de reflexión el cociente entre la diferencia de la impedancia de la antena y la impedancia de la línea de transmisión, y la suma de las mismas impedancias.

Eficiencia de Reflexión = $1 - (\text{Coeficiente de Reflexión})^2$,
donde

$$\text{coeficiente de reflexión} = \frac{Z_e - Z_0}{Z_e + Z_0}$$

Algunas veces se define la eficiencia total, siendo esta el producto entre la eficiencia de radiación y la eficiencia de reflexión.

Eficiencia Total = Eficiencia de Radiación x Eficiencia de Reflexión

Otra forma de calcular la eficiencia de una antena es utilizando la figura B-7, en la que se muestra un circuito equivalente eléctrico simplificado para una antena.

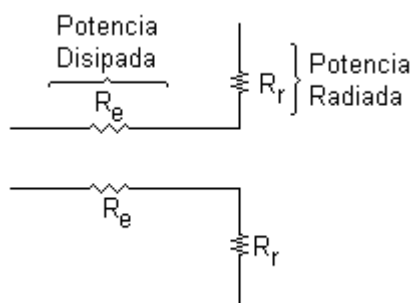


Figura B-7 Circuito equivalente simplificado de la antena

Parte de la potencia de entrada se disipa en las resistencias efectivas (resistencia de tierra, dieléctricos imperfectos, etc.) y la restante se irradia. El total de la potencia de la antena es la suma de las potencias disipada y radiada. En términos de resistencia y corriente, la eficiencia es:

$$\eta = \frac{i^2 R_r}{i^2 (R_r + R_e)} = \frac{R_r}{(R_r + R_e)}$$

donde:

η = eficiencia de la antena

i = corriente de la antena

R_r = resistencia de radiación

R_e = resistencia de la antena efectiva

Patrón de Radiación:

En algunas circunstancias es necesario la representación gráfica de la fase del campo eléctrico. Esta representación recibe el nombre de Diagrama de Fase o Patrón de Radiación. Un patrón de radiación es un diagrama polar o gráfica que representa las intensidades de los campos o las densidades de potencia en varias posiciones angulares en relación con una antena. Si el patrón de radiación se traza en términos de la intensidad del campo eléctrico (E) o de la densidad de potencia (P), se llama patrón de radiación absoluto. Si se traza la intensidad del campo o la densidad de potencia en relación al valor en un punto de referencia, se llama patrón de radiación relativo.

Lo que se suele hacer es un corte en el diagrama de radiación en tres dimensiones para pasarlo a dos dimensiones. Este tipo de diagrama es el más habitual ya que es más fácil de medir y de interpretar. En la figura B-8 se representa un diagrama de radiación en dos dimensiones de una antena logarítmica.

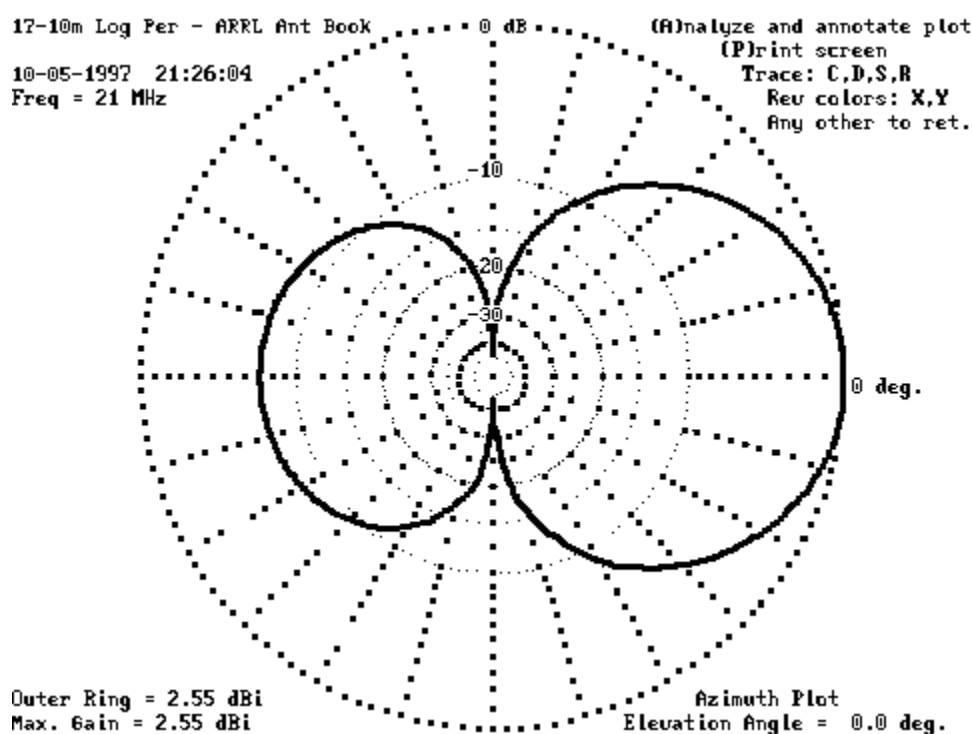


Figura B-8 Diagrama de radiación de una antena logarítmica

La figura B-9 muestra un patrón de radiación absoluto para una antena no especificada. El patrón se traza sobre papel en coordenadas polares con la línea gruesa sólida representando los puntos igual densidad de potencia (10 uW/m^2). Los gradientes circulares indican la distancia en pasos de dos kilómetros. puede verse que la radiación máxima está en una dirección de 90° de la referencia. La densidad de potencia a 10 kilómetros de la antena en una dirección de 90° es 10 uW/m^2 . En una dirección de 45° , el punto de igual densidad de potencia es cinco kilómetros de la antena; a 180° , esta a solamente 4 kilómetros; y en una dirección de -90° , en esencia no hay radiación.

En la figura B-9(a) el haz principal se encuentra en una dirección de 90° y se llama lóbulo principal. puede existir más de un lóbulo principal. También hay un haz secundario o lóbulo menor en una dirección de $+180^\circ$. Normalmente, los lóbulos menores representan radiación o recepción indeseada. Debido a que el lóbulo principal propaga y recibe la mayor parte de energía, este lóbulo se llama lóbulo frontal (la parte frontal de la antena). Los lóbulos adyacentes al lóbulo frontal se llaman lóbulos laterales (el lóbulo menor de 180° es el lóbulo lateral), y los lóbulos que están en

dirección exactamente opuesta al lóbulo frontal se llaman lóbulos traseros (en este patrón no se muestra ningún lóbulo trasero). La relación de la potencia del lóbulo frontal con la potencia del lóbulo trasero se llama sólo relación frontal a trasero, y la relación del lóbulo frontal con el lóbulo lateral se llama relación frontal a lateral. La línea que divide el lóbulo principal desde el centro de la antena en la dirección de máxima radiación se llama línea de tiro.

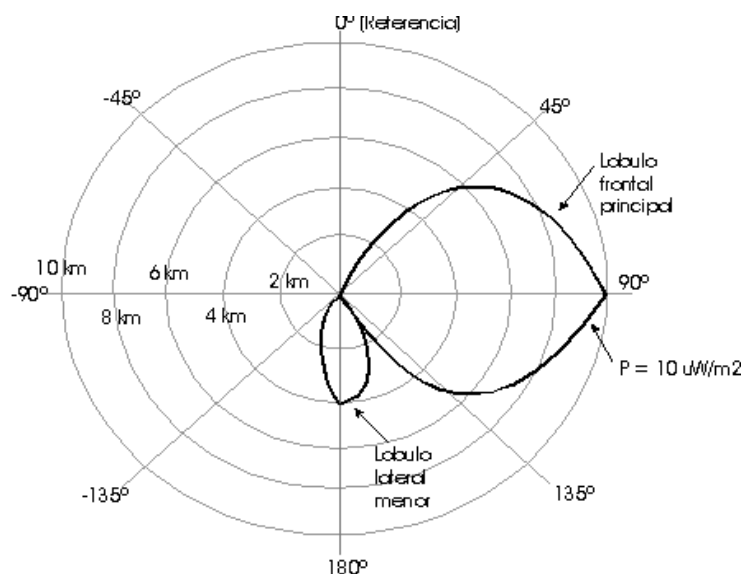


Figura B-9 Patrón de radiación

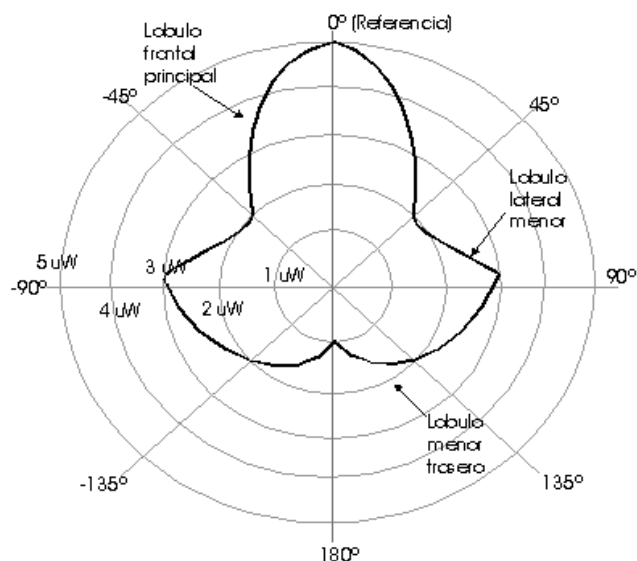


Figura B-10 Patrón de radiación

La figura B-10 muestra un patrón de radiación relativo para una antena no especificada. La línea gruesa sólida representa puntos de igual distancia desde la antena (10 kilómetros), y los gradientes circulares indican la densidad de potencia en divisiones de 1 uW/m^2 . Puede verse que la radiación máxima (5 uW/m^2) está en la dirección de la referencia (0°), y la antena irradia la menor potencia (1 uW/m^2) en una dirección de 180° de la referencia.

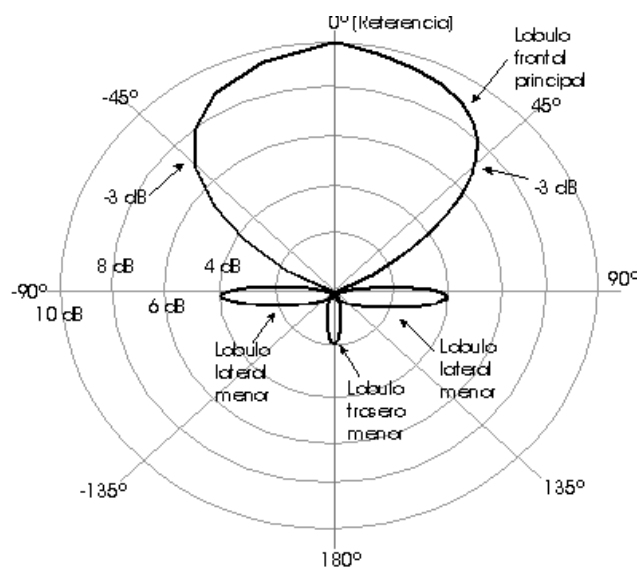


Figura B-11 Patrón de radiación.

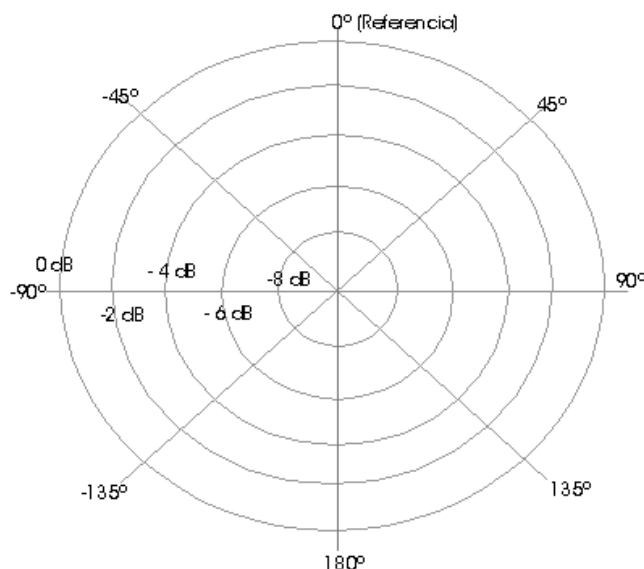


Figura B-12 Patrón de radiación para Antena omnidireccional

En consecuencia, la relación de frontal a trasero es $5:1 = 5$. Por lo general, la intensidad del campo relativo y la densidad de potencia se trazan en decibeles (dB), en donde $\text{dB} = 20\log (E/E_{\text{max}})$ o $10\log (P/P_{\text{max}})$. La figura B-11 muestra un patrón de radiación relativo para la densidad de potencia en decibeles. En una dirección de 45° de la referencia, la densidad de potencia es -3dB (media potencia) relativa a la densidad de potencia de dirección de máxima radiación (0°). La figura B-12 muestra un patrón de radiación relativo para la densidad de potencia para una antena omnidireccional. Una antena omnidireccional irradia energía equitativamente en todas las direcciones; por tanto, el patrón de radiación es solo un círculo (en realidad, una esfera). Además, con la antena omnidireccional, no hay lóbulos frontales, traseros o laterales porque la radiación es igual en todas direcciones.

Como se menciona anteriormente los patrones de radiación mostrados en la figura B-9 a B-12 están en dos dimensiones. Sin embargo, la radiación proveniente de una antena real es tridimensional. Por consiguiente, los patrones de radiación se toman en ambos planos, el

horizontal, (desde arriba) y el vertical (desde un lado). Para la antena omnidireccional que se muestra en la figura B-12, los patrones de radiación en los planos horizontales y verticales son circulares e iguales, porque el patrón de radiación real para un radiador isotrópico es una esfera.

Campos cercanos y lejanos.

El campo de radiación que se encuentra cerca de una antena no es igual que el campo de radiación que se encuentra a gran distancia. El termino campo cercano se refiere al patrón de campo que esta cerca de la antena, y el termino campo lejano se refiere al patrón de campo que está a gran distancia. Durante la mitad del ciclo, la potencia se irradia desde una antena, en donde parte de la potencia se guarda temporalmente en el campo cercano. Durante la segunda mitad del ciclo, la potencia que esta en el campo cercano regresa a la antena. Esta acción es similar a la forma en que un inductor guarda y suelta energía. Por tanto, el campo cercano se llama a veces campo de inducción. La potencia que alcanza el campo lejano continua irradiando lejos y nunca regresa a la antena por lo tanto el campo lejano se llama campo de radiación. La potencia de radiación de la antena, por lo general es la mas importante de las dos-, por consiguiente, los patrones de radiación de la antena, por lo regular se dan para el campo lejano. El campo cercano se define como el área dentro de una distancia D^2/λ de la antena, en donde λ es la longitud de onda y D el diámetro de la antena en las mismas unidades.

Ganancia Directiva y Ganancia de Potencia

La ganancia directiva es la relación de la densidad de potencia radiada en una dirección en particular con la densidad de potencia radiada al mismo punto por una antena de referencia, suponiendo que ambas antenas irradian la misma cantidad de potencia. El patrón de radiación para la densidad de potencia relativa de una antena es realmente un patrón de ganancia directiva si la referencia de la densidad de potencia se toma de una antena de referencia estándar, que por lo general es una antena isotrópica. La máxima ganancia directiva se llama directividad. Matemáticamente, la ganancia directiva es:

$$D = \frac{P}{P_{ref}}$$

donde:

D = ganancia directiva (sin unidades)

P = densidad de potencia en algún punto de una antena determinada (W/m²)

P_{ref} = densidad de potencia en el mismo punto de una antena de referencia (W/m²)

La ganancia de potencia es igual a la ganancia directiva excepto que se utiliza el total de potencia que alimenta a la antena (o sea, que se toma en cuenta la eficiencia de la antena). Se supone que la antena indicada y la antena de referencia tienen la misma potencia de entrada y que la antena de referencia no tiene perdidas ($\eta = 100\%$). Matemáticamente, la ganancia de potencia (A_p) es:

$$A_p = D \bullet \eta$$

Si una antena no tiene perdidas, irradia 100% de la potencia de entrada y la ganancia de potencia es igual a la ganancia directa. La ganancia de potencia para una antena también se da en decibeles en relación con alguna antena de referencia. Por lo tanto, la ganancia de potencia es:

$$A_p = 10 \log \frac{P_{\eta}}{P_{ref}}$$

Polarización de la Antena

La polarización de una antena se refiere solo a la orientación del campo eléctrico radiado desde ésta. Una antena puede polarizarse en forma lineal (por lo general, polarizada horizontal o vertical), en forma elíptica o circular. Si una antena irradia una onda electromagnética polarizada verticalmente, la antena se define como polarizada verticalmente; si la antena irradia una onda electromagnética polarizada horizontalmente, se dice que la antena está polarizada horizontalmente; si el campo eléctrico radiado gira en un patrón elíptico, está polarizada elípticamente; y si el campo eléctrico gira en un patrón circular, está polarizada circularmente.

Ancho del Haz de la Antena

El ancho del haz de la antena es sólo la separación angular entre los dos puntos de media potencia (-3dB) en el lóbulo principal del patrón de radiación del plano de la antena, por lo general tomando en uno de los planos "principales". El ancho del haz para una antena cuyo patrón de radiación se muestra en la figura B-13 es el ángulo formado entre los puntos A, X y B (ángulo θ). Los puntos A y B son los puntos de media potencia (la densidad de potencia en estos puntos es la mitad de lo que es, una distancia igual de la antena en la dirección de la máxima radiación). El ancho de haz de la antena se llama ancho de haz de -3dB o ancho de haz de media potencia.

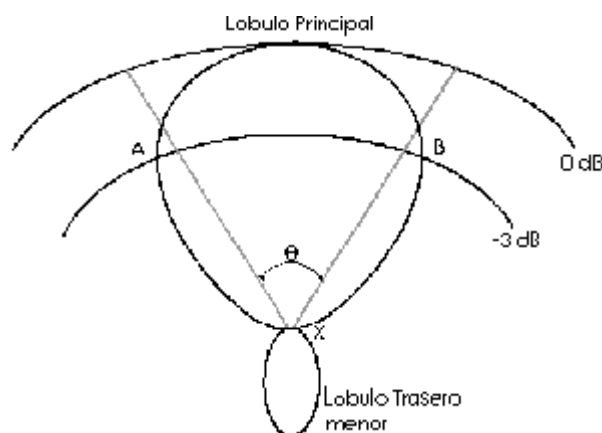


Figura B-13 Patrón de radiación

Ancho de Banda de la Antena

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, pero a veces se refiere a las variaciones en la impedancia de entrada de la antena.

Tipos de 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, o que, conectado a una impedancia, sirve para captar las ondas emitidas por una fuente lejana para este fin existen diferentes tipos:

Antena colectiva:

Antena receptora que, mediante la conveniente amplificación y el uso de distribuidores, permite su utilización por diversos usuarios.

Antena de cuadro: Antena de escasa sensibilidad, formada por una bobina de una o varias espiras arrolladas en un cuadro, cuyo funcionamiento bidireccional la hace útil en radiogoniometría.

Antena de reflector o parabólica: Antena provista de un reflector metálico, de forma parabólica, esférica o de bocina, que limita las radiaciones a un cierto espacio, concentrando la potencia de las ondas; se utiliza especialmente para la transmisión y recepción vía satélite.

Antena lineal: La que está constituida por un conductor rectilíneo, generalmente en posición vertical.

Antena multibanda: La que permite la recepción de ondas cortas en una amplitud de banda que abarca muy diversas frecuencias.

Dipolo de Media Onda: El dipolo de media onda lineal o dipolo simple es una de las antenas más ampliamente utilizadas en frecuencias arriba de 2MHz. En frecuencias abajo de 2 MHz, la longitud física de una antena de media longitud de onda es prohibitiva. Al dipolo de media onda se le refiere por lo general como antena de *Hertz*.

Una antena de Hertz es una antena resonante, es decir, es un múltiplo de un cuarto de longitud de onda de largo y de circuito abierto en el extremo más lejano. Las ondas estacionarias de voltaje y de corriente existen a lo largo de una antena resonante.

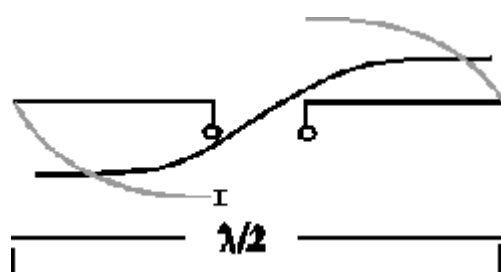


Figura B-14 Distribución de corrientes y de voltajes ideales.

La figura B-14 se puede observar las distribuciones de corriente y voltaje ideales a lo largo de un dipolo de media onda. Cada polo de la antena se ve como una sección abierta de un cuarto de longitud de onda de una línea de transmisión. Por lo tanto en los extremos hay un máximo voltaje y un mínimo de corriente y un mínimo de voltaje y un máximo de corriente en el centro. En consecuencia, suponiendo que el punto de alimentación está en el centro de la antena, la impedancia de entrada es $E_{\text{mínimo}} / I_{\text{máximo}}$ y un valor mínimo. La impedancia en los extremos de la antena de $E_{\text{máximo}} / I_{\text{mínimo}}$ y un valor máximo.

La figura B-15 muestra la curva de impedancia para un dipolo de media onda alimentado en el centro.

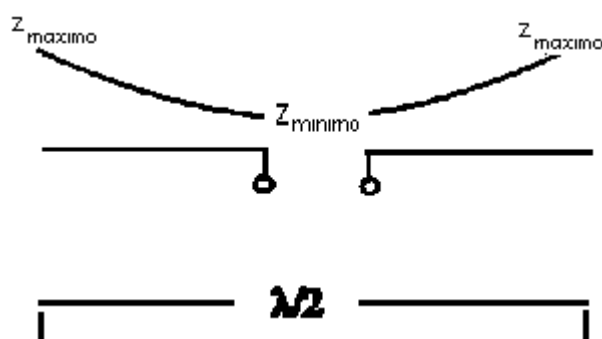


Figura B-15 Curva de impedancia.

La impedancia varía de un valor máximo en los extremos de aproximadamente 2500 W a un valor mínimo en el punto de alimentación de aproximadamente 73 W (de los cuales entre 68 y 70 W es la impedancia de radiación).

Apéndice C RBS 2206

La RBS 2206 es una radio base para interior que soporta hasta 12 transreceptores por gabinete. Se puede utilizar en configuraciones de 1, 2 y 3 sectores incluyendo banda doble 900/1800.

Parte del concepto Crecimiento enSitio

Debido a que es cada vez más difícil encontrar sitios para las radio bases, es de especial interés permanecer en los mismos sitios el mayor tiempo posible. Ya que el espacio también es un factor limitante en el sitio, la RBS 2206 resuelve este problema. En sitios existentes, dos o más gabinetes pueden remplazarse por una RBS 2206 (de la misma área de base), resolviendo así el problema de espacio dando lugar para otro gabinete.

Capacidad Doble

Las unidades transreceptoras dobles (dTRU) tienen algunas características importantes en este sentido. Tiene potencia de salida 1 dB mayor que el resto de la familia RBS 2000. Esto se traduce en un 15% menos sitios, debido a la distancia sitio a sitio se hace mayor. El rango extendido llega a ser de 121 km. Tiene dos nuevos combinadores extremadamente flexibles.

Preparados para el futuro

La RBS 2206 soporta EDGE. El DXU 21 tiene mejoras y buses internos veloces que garantizan el soporte de EDGE totalmente. El DXU está preparado para interfaces Abis basadas en IP. Con la características opcional correspondiente de BSS, es posible tener hasta 32 TRU en una celda.

Características Importantes:

- Seis transreceptores dobles (dTRU), o sea, 12 TRU's.
- Combinación híbrida y de filtro para 1, 2 y 3 sectores en un gabinete.
- Mejor potencia de salida que la RBS 2202.
- Salto de frecuencia sintetizado y de banda base.
- Soporta 12 TRU's EDGE en todos los time slots.
- Rango extendido 121km.
- Duplexor y TMA para todas las configuraciones.
- Cuatro puertos de transmisión soportando 8 Mbits/s.
- Opcionalmente, incluye equipo de transmisión integrado.
- Preparado para interfaz Abis basada en IP .
- Preparada para Posicionamiento Móvil asistido por GPS.

La familia RBS 2000 brinda un amplio rango de modelos destinados a satisfacer requerimientos específicos de capacidad, cobertura, espacio y ambiente. Estos productos ofrecen la más avanzada tecnología disponible en atractivas instalaciones indoor y outdoor, y han sido desarrollados para GSM 900, GSM 1800 y GSM 1900. Los productos RBS 2000 presentan la misma interfaz de usuario y manejan de manera uniforme la operación y mantenimiento del software común de las estaciones base.

La mayoría de los productos RBS 2000 soportan servicios 3G; EDGE/WCDMA por medio de unidades plug-in apropiadas.

Banda de Frecuencia	E-GSM 900, GSM 1800, GSM 1900
Tx:	925-960, 1805-1880 o 1930-1990 MHz
Rx:	880-915, 1710-1785 O 1850-1910 MHz
Número de Transreceptores	2-12
Número de Sectores	1-3
Dimensiones (Alto x Ancho x Profundo)	1850 x 600 x 400 mm
Peso sin baterías	230 kg equipada completamente
Potencia al alimentador de la Antena	35 W / 45.5 dBm (GSM 900) 28 W / 44.5 dBm (GSM 1800 y GSM 1900)
Sensitividad del Receptor	<= -110 dBm (sin TMA)
Suministro de Energía	120-250 V AC, 50/60 Hz -48 / -72 V DC, +24 / +29 V DC
Batería de respaldo integrada	Opcional Externa
Temperatura de Operación	+5°C - +40°C

Tabla C-1 Especificaciones técnicas.

Comparación entre la RBS 2202 y 2206.

Esta sección pretende realzar las diferencias y similitudes más importantes entre las radio bases macro 2202 y 2206

Diferencias:

La RBS 2206 difiere principalmente de la RBS 2202 en las siguientes características:

- Transreceptores:

La RBS 2206 tiene el doble de capacidad, sin modificar el footprint (área base) que tiene la RBS 2202, ya que soporta 12 transreceptores en vez de 6 por cada gabinete.

El nuevo transreceptores doble (dTRU) consiste de dos transreceptores en una sola unidad del mismo tamaño que el clásico TRU sencillo. Los dTRU's no pueden ser utilizados en la RBS 2202 así como los TRU sencillos no pueden usarse en la RBS 2206

Las expansiones de capacidad se realizan en pasos de 2 TRX por celda en la RBS 2206. Se debe recordar que la 2206 es básicamente una solución de alta capacidad.

- Desempeño de la interfaz de Radio

La RBS 2206 tiene una potencia de salida mayor que la RBS 2202. El Hardware (HW) de la RBS 2206 está preparado para futuras mejoras en el desempeño de radio. Es posible actualizar el software (SW) del algoritmo de recepción en el dTRU. Este avance refleja una distancia mayor entre sitios o mejor cobertura en interiores.

- Configuraciones

Al configurar la RBS 2206 hay dos combinadores a escoger a diferencia de la 2202 que son 3. Sin embargo son posibles las mismas combinaciones. El CDU-G es una solución que permite las combinaciones de los CDU-A (sin combinación) y CDU-C+ (combinación híbrida – modo de capacidad). El híbrido, en la RBS 2206 está localizado, en el tranreceptor a diferencia de la RBS 2202 que está localizado en el CDU. Cuando se utiliza en modo de cobertura, el híbrido del dTRU se cancela.

Las demás configuraciones de alta capacidad similares a las del CDU-D se logran con el CDU-F el cual ocupa sólo un tercio del espacio dedicado a los CDU's (CDU-F y CDU-G son del mismo tamaño).

La tarea del nuevo Switch de configuración CXU, es de hacer la conexión entre CDU y TRU en la ruta de recepción. El CXU hace posible expandir y reconfigurar un gabinete de RBS 2206 sin tener que mover o reemplazar ningún cable de RX por lo que sólo se necesita un kit de cables de RX. Se utilizan diferentes kits de cables de TX dependiendo de la configuración del CDU en transmisión,.

De este modo sólo se necesitan 3 kits de cables de TX, uno para CDU-F, otro para CDU-G sin combinar y otro para CDU-G combinación híbrida. Para la RBS 2202 existen más de 100 kits de cableado para RF.

- EDGE

La RBS 2206 totalmente equipada con 6 EDGE dTRUs soportan EDGE en los 12 transreceptores (12 por gabinete) y en los time slots. El DXU-21 hace posible esto con una interfaz Abis hasta de 8 Mbit/s y rápidas conexiones punto a punto. Estas conexiones punto a punto reemplazan el X Bus, Local Bus y Timing Bus.

La RBS 2202 por su parte, soporta EDGE solamente en 1 sólo tranreceptor EDGE (EDGE sTRU) por celda si se instalan el DXU-01 o DXU-11. Esto se debe a limitaciones de ancho de banda en el X Bus, Local Bus y Timing bus. Cuando el DXU-21 se conecta a la RBS 2202, ésta puede equiparse con EDGE TRU's y soporta EDGE en todos los transreceptores (6 por gabinete). Introducir las conexiones punto a punto por cableado frontal entre el DXU-21 y los EDGE TRU's, hace que se elimine las limitaciones del sistema de bus. El X Bus y Local Bus se utilizan entre las conexiones del DXU-21 y los TRU's clásicos.

- Rango Extendido

El HW de la RBS 2206 soporta rango extendido. Será posible introducir un nuevo transreceptor sencillo que también soporte rango extendido de 121 km. Este TRU será el mismo que el EDGE TRU.

- Gabinetes de expansión

Las configuraciones de RBS 2206 se basan en gabinetes maestros solamente, mientras que en la RBS 2202 existen gabinetes maestros y extensiones. La razón es que el DXU soporta 12 transreceptores. Para la RBS 2206 esto significa un solo DXU-21 por gabinete.

- Duplexor

Los filtros del duplexor permiten que las rutas de recepción y transmisión se conecten a una antena común. Todas las configuraciones de la RBS 2206 tienen soporte para

duplexor mediante CDU's equipados con Duplexor. En la RBS 2202, sólo algunas configuraciones incluyen duplexor.

- TMA

Un amplificador de bajo ruido montado en torre (TMA) es una opción que se puede utilizar para compensar la pérdida en el feeder de la antena, y mejorar las figuras de ruido de recepción.

Las configuraciones de la RBS 2206 soportan doble TMA duplex. Se utilizan el Bias inyector que provee al TMA de corriente directa desde el TMA-CM a los cables de feeder. Hay espacio en el gabinete junto al DXU-21 para el TMA-CM.

En la RBS 2202 no todas las configuraciones soportan ddTMA y normalmente son externos.

- Diversidad de recepción.

El dTRU tiene dos puertos extras para antenas de recepción. Esto permite 4 vías de diversidad de recepción. La RBS 2202 no soporta 4 vías de diversidad ya que el TRU clásico no tiene 2 puertos extras para recepción.

- Combinación Híbrida.

La combinación híbrida de dos pasos permite combinar 8 transreceptores en una antena de polarización cruzada. La RBS 2206 podrá soportar combinación híbrida de 2 pasos en un futuro. Hay espacio en la RBS 2206 debajo del CXU para pasos extras de combinación híbrida. La RBS 2202 no tiene espacio para pasos de combinación híbrida por lo que tendrían que ser pasos externos. En ambas radio bases pueden utilizarse pasos externos de combinación.

Similitudes

Algunas similitudes importantes entre la RBS 2206 y la RBS 2202 son las siguientes:

- Modo de Cobertura

Se puede usar un máximo de 6 transreceptores por gabinete en modo de cobertura o en modo no combinado. Cada transreceptor debe ser conectado a una antena dedicada cuando se usa en modo no combinado. Dado que un CDU tiene sólo dos puertos de antena, se tiene un dTRU (dos TRX's) por CDU-G para la RBS 2206 y dos TRU's individuales clásicos por CDU-A para la RBS 2202.

- DXU-21

El DXU-21 es un poderoso DXU multiuso, que soporta hasta 8Mbits/s de transmisión Abis (BSS Clásico), servicios de posicionamiento, redes sincronizadas y hasta 12 transreceptores EDGE. DXU-21.

La capacidad de transmisión Abis de 8Mbit/s (BSS Clásico) y las rápidas conexiones punto-a-punto, enlaces Y, entre el DXU-21 y los transreceptores EDGE garantizan el soporte EDGE de los 12 transreceptores. Las conexiones punto-a-punto reemplazan al el

bus X, el bus Local y el bus Timing. La RBS 2206 contendrá ya el DXU-21 y las RBS 2101/2102/2202 podrán ser actualizadas con el DXU-21.

El DXU-21 podrá ser usado en todos los productos macro RBS 2000 existentes (RBS 2101, RBS 2102 y RBS 2202) y en la RBS 2206. Los DXU's anteriores (DXU-01, DXU-03 and DXU-11) no pueden ser usados con la RBS 2206.

- Footprint (Área Base)

Con la finalidad de poder reemplazar la RBS 2202 (o RBS 200) con la RBS 2206, el marco base de la RBS 2206 está equipado con las mismas perforaciones que en la RBS 2202 (y RBS 200).

Apéndice D Servicios de Comunicación De Datos

X.25

Muchas redes públicas antiguas, en especial en países del área, siguen un estándar llamado X.25 que el Comité Consultivo Internacional para la Telegrafía y Telefonía (CCITT: Consultive Committee for Telegraph and Telephone) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU: Institute of Telecommunications Union) desarrolló durante la década de 1970 para proveer una interfaz entre las redes publicas de conmutación de paquetes y sus clientes.

La recomendación X.25 se había desarrollado, principalmente, para conectar terminales remotas sin inteligencia a computadoras centrales. Sin embargo su flexibilidad y fiabilidad hicieron de ella una plataforma perfecta sobre la que basar una generación entera de estándares de comunicación de datos.

X.25 es una interfaz orientada a la conexión para una red de área extensa de conmutación de paquetes, que utiliza circuitos virtuales para enviar paquetes individuales de datos a su correspondiente destino en la red.

Un paquete de datos es una unidad de información que puede viajar de manera independiente desde su lugar de origen hasta su destino. Los paquetes tienen dos partes principales: la información de direccionamiento y los propios datos. Además de las direcciones de origen y destino, las cabeceras pueden incluir información de encaminamiento, comprobación de errores y control.

Delimitador de inicio de trama	Funciones de nivel de enlace	Funciones de nivel de red	Campo de datos	Secuencia de comprobación de trama	Delimitador de fin de trama
--------------------------------	------------------------------	---------------------------	----------------	------------------------------------	-----------------------------

Figura Trama X.25

- Un paquete contiene seis (6) componentes principales como se ve en la figura .1:
- Delimitador de comienzo de trama
- Campo del nivel de enlace
- Campo del nivel de red
- Campo de datos de usuario
- Secuencia de verificación de trama

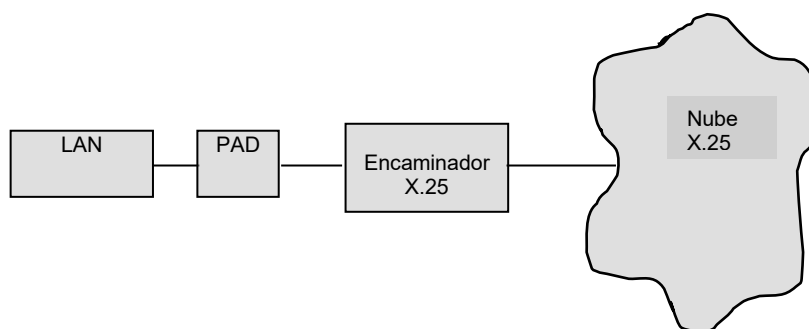


Figura Red X.25 con recursos comunes.

Las comunicaciones basadas en paquetes fraccionan la información en muchos paquetes de datos más pequeños, cada uno con su dirección. La estación emisora envía estos paquetes a través de

la red hacia la estación destino. La estación receptora ensambla los paquetes recibidos, recomponiéndose la unidad de información original. El equipo que fragmenta, gestiona y ensambla los paquetes recibe el nombre de ensamblador/desensamblador de paquetes (packet assembler/disassembler) o simplemente PAD.

Tres protocolos adicionales gobiernan el trabajo interno de un PAD:

X.3, que especifica realmente cómo el PAD ensambla y desensambla los paquetes de datos.

X.28, que especifica la interfaz entre el equipo terminal de datos y el PAD.

X.29, que define la interfaz entre el equipo de comunicaciones de datos y el PAD.

Las redes de conmutación de paquetes prestan un servicio no orientado a la conexión, es decir no se establece conexión alguna antes de la transferencia de datos entre las terminales emisora y receptora. Los paquetes son transmitidos en el medio tan pronto son recibidos por la interfaz de red, por lo que no existe retardo de establecimiento o liberación de llamada.

X.25 es un protocolo orientado a la conexión, establece una conexión entre las estaciones emisora y receptora previa a la transmisión de datos. Sin embargo por cada conexión realizada, sólo se transmite un paquete. Este hecho da lugar, por lo general, a varios miles de conexiones para completar una única transmisión de datos basada en paquetes. Este elevado número de conexiones y de dispositivos que realizan las transmisiones recibe el nombre de red de conmutación de paquetes.

Una red de conmutación de paquetes es realmente una densa malla de conexiones punto a punto. Por definición, una red de conmutación de paquetes proporciona una conectividad "todos con todos", permitiendo de esta manera que cualquier estación en la red puede transmitir datos a cualquier otra estación en la red a través de una amplia variedad de posibles caminos de transmisión. Debido a dicha conectividad universal, las redes de conmutación de paquetes se representan como nubes.

Frame Relay

Frame Relay es un producto de la Red Digital de Servicios Integrados (ISDN: Integrated Services Digital Networks). Constituye la parte correspondiente de servicio de datos de conmutación de paquetes de ISDN diferenciada y ofrecida como un servicio separado. A pesar de su relativa baja velocidad, la arquitectura mejorada de conmutación de paquetes de frame relay puede interesar al administrador de red que busca incrementar la velocidad de una conexión de datos de área extensa.

Frame Relay, como X.25, es un producto de conmutación de paquetes que conecta dos redes de área local a través de una red pública de conmutación de paquetes. De una manera simple, una trama procedente de una LAN se encapsula en una trama frame relay, y se transmite por la red frame relay hasta la LAN destino.

Frame relay, al igual que el protocolo X.25, divide los datos del usuario en paquetes que son transmitidos sobre la red y ensamblados en el destino, pero frame relay lo hace mucho más rápido.

En frame relay, los datos se dividen en tramas de longitud variable que contienen las direcciones de destino, luego son remitidas a la red frame relay para su transferencia. Aunque su modo de trabajo es casi idéntico al de conmutación de paquetes, la diferencia se centra en el nivel en que trabajan, para ser más claros: la conmutación de paquetes opera en el nivel 3 del modelo de referencia OSI, mientras que frame relay opera en el nivel 2. Esto significa que frame relay es un protocolo más simple que X.25 y otros protocolos de conmutación de paquetes, realizando menos

comprobación y corrección de errores, pero ofreciendo mayor velocidad. La tabla presenta una comparación entre Frame Relay y X.25 que refleja las principales diferencias existentes entre ambos Frame Relay y X.25

Tópico	Frame Relay	X.25
Tipo de tráfico	Datos/voz	Datos
Compartimento de recursos	No	Sí
Detección de errores	No	Sí
Recuperación de errores	No	Sí
Aplicaciones	Alta velocidad, bajo retardo, transporte de tráfico a ráfagas, gestión extremo a extremo y alta conectividad entre sus sedes	Transaccionales de baja y media velocidad, y en particular para redes centralizadas en las que muchos puntos se comunican con una instalación central
Protocolos	Opera en el nivel 2 del modelo OSI	Opera en los 3 niveles inferiores del modelo OSI
Tasa de errores	Desplaza la funcionalidad de la red (control de errores, control de flujo, etc.) hacia los equipos terminales de usuario	Al estar concebido para operar con circuitos analógicos existe una alta tasa de errores de transmisión, siendo necesarios que la red implemente mecanismos de corrección de errores.
Rango de velocidades	Entre 64 Kbps y 1.45 Mbps	2.400 bps a 64 Kbps
Gestión red privada	Cliente	Proveedor

Tabla Frame Relay y X.25

El paquete frame relay figura, muy similar al paquete X.25, tiene los siguientes componentes:

- Delimitador de comienzo de trama
- Campo de nivel de enlace (cabecera frame relay)
- Identificador de conexión de enlace de datos
- Apropriada para descartar
- Campo de datos de usuario
- Secuencia de verificación de trama

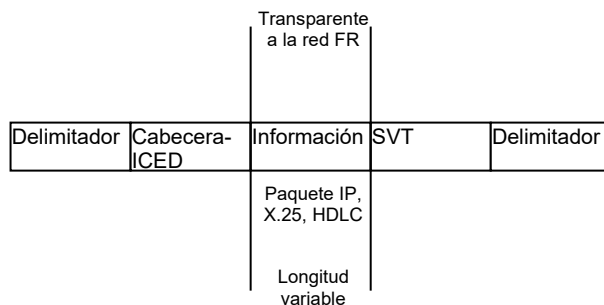


Figura Trama Frame Relay

Frame relay soporta distintos tipos de conexiones que cooperan conjuntamente para formar el entramado de la red frame relay.

- Puertos de conexión. Un puerto de conexión es un punto físico de acceso a la red frame relay que define la máxima cantidad de datos que puede ser enviada a la red en cualquier momento a través de todos los PVC's (canales virtuales permanentes). El puerto de conexión es la interfaz a la red frame relay pública o privada, y va desde 56 Kbps hasta 1,536 Kbps. El puerto de conexión asigna los datos dinámicamente entre los circuitos virtuales permanentes.
- Circuitos virtuales permanentes. Un circuito virtual permanente es un camino a través de la red frame relay que conecta dos puntos. Un PVC constituye un ancho de banda dedicado que garantiza un nivel de servicio, denominado velocidad de información comprometida (CIR), a una estación determinada. El administrador de red solicita los PVC's al suministrador del servicio frame relay, el cual los configura de acuerdo a las especificaciones del administrador de red. Los circuitos virtuales permanentes están activos y disponibles para la red suscriptora en todo momento.
- Circuitos virtuales conmutados. Los circuitos virtuales conmutados (SVC) son circuitos establecidos según la necesidad de la estación emisora, incrementando la flexibilidad del ancho de banda del circuito. Aunque forma parte del estándar, no todos los proveedores lo ofrecen.

Como se ha mencionado, la naturaleza de gran parte del tráfico en las redes frame relay es en ráfagas, lo que significa que la mayoría del tiempo los dispositivos transmiten pocos datos o ningún dato. Por esto, frame relay facilita a los administradores de red la posibilidad de conectar varias conexiones de este tipo al mismo segmento. La multiplexación estadística es una técnica para intercalar datos procedentes de distintos dispositivos en una única línea de transmisión. A cada dispositivo con datos para transmitir se le concede una ranura de transmisión en la red. Si el dispositivo no tiene nada que transmitir, su ranura de ancho de banda se cede a una estación que sí tenga datos para transmitir.

Algunos de los pocos servicios opcionales que ofrece frame relay son:

- Control de flujo simple que proporciona control de flujo XON/XOFF para aquellos dispositivos de red que requieren control de flujo.
- Multidifusión de manera que las secciones puedan enviar tramas a múltiples estaciones.
- Direccionamiento global que permite a las aplicaciones emular el direccionamiento de una LAN.

El rendimiento que ofrece frame relay es muy bueno, ya que generalmente se encuentra disponible a velocidades entre 56 Kbps hasta 1.544 Mbps. Admite además, ráfagas de transmisión de hasta 45 Mbps, y tiene una baja latencia (alrededor de 20 mts). Lo mejor de frame relay es su escalabilidad, presenta una gran facilidad para añadir más ancho de banda mediante la velocidad de información comprometida (CIR) conjuntamente con la posibilidad de enviar picos de tráfico superiores al CIR.

Apéndice E Aplicaciones de GPRS.**Sistemas de localización en redes móviles.**

La capacidad de localizar una terminal dentro de una red móvil celular es una capacidad intrínseca a dichas redes, ya que para poder establecer una conexión con una terminal, tanto de voz como de datos, es necesario conocer la célula en la que se encuentra, con el fin de consumir recursos de radio únicamente en ella y no en el resto del sistema.

Las redes móviles celulares dividen el territorio en células distintas desde el punto de vista radioeléctrico, atendidas cada una de ellas por nodos de acceso distintos y en las que varía algún parámetro de la conexión radioeléctrica. La terminal móvil debe de conocer en todo momento en que célula está para poderse comunicar con el nodo de acceso que le corresponde y la red de acceso debe ser capaz de obtener la célula en la que se encuentra el móvil para establecer una conexión con éste desde el nodo de acceso que le proporciona cobertura.

La capacidad de localización ha estado, por tanto, siempre presente en las redes celulares, pero la información relativa a localización se utilizaba únicamente para establecer y mantener conexiones con terminales en movimiento, y no existía un mecanismo para acceder a dicha información fuera de los nodos de red que hacían uso de ella.

En las redes GSM como ya se mencionó, la identidad de la MSC en cuya zona se encuentra el móvil se almacena en el HLR, con el fin de ser capaz de enrutar una llamada entrante hacia la MSC adecuada. Las MSC's tienen asignadas una serie de BSC's, lo que determina ya una zona geográfica. En cada MSC se conoce el área de localización (LA) en la que se encuentra el móvil, ya que éste envía un mensaje a la red actualizando su posición cada vez que cambia de LA, cuando es necesario establecer una conexión con la terminal, se realiza una búsqueda de ésta en el LA con el fin de determinar bajo que BSC y en que célula se encuentra. Puede comprobarse, por tanto, que existen los mecanismos para localizar la terminal, pero dispersos en diferentes nodos de la red y sin posibilidad de obtener la identidad de célula más allá de la BSC, y de convertir dicha identidad de célula en una posición geográfica.

Debido al gran valor añadido que para las redes móviles, y los servicios que a través de ellas se prestan, supondría la capacidad de localización, se han ido introduciendo elementos de red que permiten manejar la información de localización y realizar servicios basados en ella.

La capacidad de localización básica de las redes celulares consiste en obtener la identidad de la célula en la que se encuentra la terminal. Si se conoce la zona geográfica de cobertura de cada célula, se puede realizar una transformación univoca entre identidad de célula y posición. Esto permite obtener en la red GSM, en el entorno urbano donde las células son de tamaño pequeño, precisiones de localización entre 100 y 1000 metros. Esta precisión permite realizar cierto tipo de servicios, pero puede suponer una incertidumbre demasiado grande para otro tipo de ellos. Por esta razón, y de forma paralela a la introducción en la red de la posibilidad de manejar información de localización, se están definiendo e implementando nuevos mecanismos de localización, que permitirán mejorar la precisión mediante procedimientos de triangulación similares a los realizados en GPS u otros sistemas de localización y radionavegación.

Estos métodos se basan en el análisis de las señales que desde distintas estaciones base llegan al móvil, así como en el análisis de la señal procedente del móvil, según se recibe en varias estaciones base, o en una combinación de ambos.

Elementos que posibilitan los servicios de localización.

Las tecnologías necesarias para prestar servicios basados en localización se dividen básicamente en dos grupos:

1. Tecnologías de posicionamiento, basadas en medidas realizadas en la interfaz de radio.
2. Tecnologías de red, que permiten el acceso a la información de posicionamiento por parte de terceros ajenos a la red o por parte de elementos situados dentro de la propia red.

Métodos de obtención de la posición.

Para la localización individualizada de terminales móviles, la información necesaria debe permitir localizar las terminales una a una con un alto grado de confiabilidad.

Esta información para la localización se puede obtener a partir de las terminales o bien a partir de los nodos de la red de acceso de radio. Por este motivo, como los estándares de GSM no habían previsto esa función se pueden adoptar dos estrategias: modificar las terminales o modificar los nodos de la red. Ninguna de estas soluciones es sencilla ni económica.

Técnicas de localización basadas en la identidad de la célula.

La localización del móvil se realiza a partir de la información de la celda que le da acceso y los parámetros asociados a la antena correspondiente. De este modo se obtiene una primera aproximación geográfica de la ubicación del móvil. Esta técnica tiene la ventaja de estar ya disponible sin necesidad de realizar ninguna inversión en la red, sin embargo, cuenta con la desventaja de la poca precisión en la localización, fundamentalmente en zonas rurales.

En cualquier caso, la localización obtenida con esta técnica es suficiente para ser aplicada en gran cantidad de servicios.

Técnicas basadas en la modificación de las terminales.

Se consideran en este apartado las técnicas basadas en GPS y las que estiman la posición por los tiempos de llegada de la señal desde la red a las terminales, mediante modificaciones específicas de los mismos.

- Localización basada en GPS.

Una de las formas más inmediatas para conseguir la precisión requerida es utilizar el sistema GPS. Para ello, tal como se mencionó anteriormente, se puede instalar un receptor GPS completo o parte de él en la terminal, transfiriendo la información de posición a la red cuando sea necesario.

Esta opción no parece muy atractiva, fundamentalmente por el aumento en el peso, tamaño y costo de las terminales, el mayor consumo de baterías y la inutilidad para usuarios en interiores. No obstante, la solución basada en GPS es muy atractiva en los sistemas para vehículos, donde no importa el tamaño o el consumo. Existen algunos productos comerciales con esta aproximación técnica

- Tiempos de llegada (TOA Y TDOA) con terminales modificadas.

Las técnicas que utilizan tiempos de llegada de la señal entre la terminal y la red pueden ser el TOA ("time of arrival"), basada en los valores absolutos de los tiempos de llegada, o bien el TDOA ("time difference of arrival"), basada en diferencias entre los tiempos de llegada desde varias estaciones de base.

Cuando la posición se calcula en el móvil, se dice que la técnica está basada en el móvil (mobile based) mientras que si el móvil reporta la información necesaria para los cálculos a la red se denomina asistida por el móvil (mobile-assisted).

Las técnicas más representativas con base en tiempos de llegada son:

- Técnicas de TOA.
El tiempo absoluto de llegada (TOA) de la señal entre la terminal y las estaciones de base puede estimarse de diversas formas. Si el terminal es capaz de marcar el instante exacto de cualquier señal saliente, la estación base puede determinar el tiempo que lleva a la señal llegar hasta ella. Si este procedimiento se repite para un mínimo de tres receptores, es posible posicionar el móvil. Sin embargo, para este método se requiere una sincronización muy precisa entre el reloj de la terminal y los de las estaciones base.
- Técnica de TDOA.
Para la técnica de diferencias de tiempo de llegada (TDOA), también denominada E-OTD (enhanced observed time difference), se necesita una red paralela de estaciones de base fantasma para localizaciones fijas (estas unidades se denominan LUM's, unidades de medida de posición).

Estas LMU's actúan como si fueran terminales móviles ficticios. A instantes periódicos, tanto las terminales como la LMU más próxima al mismo capturan parte de la señal proveniente de las estaciones base reales.

La comparación entre los tiempos de la estación base hasta uno y otro punto (terminales y LMU's) se utiliza para determinar la posición de la terminal móvil (observed time difference). Como hay tres variables (las variables "x" y "y" de la terminal y la "y offset" de los tiempos de los relojes de la terminal y de la LMU) se hace esta comparación para las señales provenientes de tres estaciones base distintas, resolviéndose el sistema de ecuaciones correspondiente.

Si las emisiones de las estaciones base no están sincronizadas (como es el caso de la red GSM), entonces se hace necesario que la red conozca el desfase entre ellas para poder estimar las diferencias de tiempo reales (RTD, real time difference).

Técnicas basadas únicamente en la infraestructura de la red.

Las técnicas referidas en la sección anterior requieren modificaciones de diversa importancia en las terminales. Como ya se ha comentado, este requisito hace poco práctico el despliegue de dichas tecnologías para las redes existentes.

Las técnicas existentes, que no requieren la modificación de las terminales (aunque obviamente, si de los equipos de la red o la adición de nuevos nodos) se describen a continuación:

- Angulo de Llegada (AOA)
Los métodos basados en ángulos de llegada se suelen denominar DOA (direction arrival). Estas técnicas utilizan antenas multi-array para estimar la dirección por la que llega la señal de la terminal móvil. Así, la información que se obtiene localiza al móvil a lo largo de la trayectoria que lo une con la estación base. Por eso, son necesarias como mínimo dos estimaciones (de dos estaciones en posiciones diferentes) para localizar al móvil.

Para realizar una estimación lo mas precisa posible, se utilizan arreglos específicos de antenas con orientación electrónica, con haces adecuados para minimizar el error en la determinación del ángulo de llegada.

Aunque esta técnica parece muy interesante, presenta algunos inconvenientes, como por ejemplo, el no ser capaz de resolver la posición en presencia de multitrayectorias, si no hay línea de vista directa, la señal que llega a la antena multi-array es fruto de una reflexión y por lo tanto el ángulo de llegada es distinto del buscado.

Por otro lado leves movimientos en las antenas por viento o tormentas pueden producir errores considerables, puesto que la estimación se hace con base a ángulos absolutos respecto de la antena.

- Tiempos de llegada (TOA y TDOA) con terminales estándar.

Al igual que en el caso de terminales modificadas, se pueden utilizar técnicas de localización basadas en TOA y TDOA, pero únicamente con modificaciones en los nodos de la red, manteniendo inalterables las terminales móviles.

Las técnicas más representativas, en este caso, con base en los tiempos de llegada son:

-Técnicas de TOA

Una posibilidad de localización puede ser la utilización del tiempo de ida y vuelta de una señal para determinar indirectamente la distancia desde la estación base hasta la terminal.

No obstante, es necesario descontar el tiempo de procesado en la terminal, aspecto que añade bastante incertidumbre, al depender de las implementaciones de diferentes fabricantes, de las diversas condiciones de carga de las propias terminales, etc.

Por otra parte, se incurre en el mismo tipo de error descrito en la sección anterior cuando existen reflexiones y no hay visión directa entre la terminal y la estación base.

-Técnicas de TDOA.

Las técnicas de TDOA en el caso de terminales estándar, se basan en la correlación de la señal procedente de una terminal a dos estaciones base. Esta correlación proporciona la diferencia de tiempos (y por lo tanto de distancias en los trayectos) para ese par concreto de estaciones y de esa forma el lugar geométrico de puntos que cumplen esa diferencia de distancias.

La repetición de la estimación para varios pares de estaciones permite la determinación de la posición.

Una ventaja de este sistema frente a los de AOA o TOA es que la sustracción que se realiza entre tiempos cancela posibles errores por reflexiones, sobre todo si el reflector está próximo al móvil. Así, el sistema puede llegar a funcionar, incluso, sin señal de visión directa.

- Técnicas híbridas.

En general se pueden pensar técnicas combinadas a partir de las anteriores, aunque, en general, se mantienen las consideraciones de costo y complejidad, tratando de obtener las mejores características de precisión. Se pueden mencionar las siguientes:

- Técnica de AOA/TDOA híbrida

Un ejemplo de combinación entre las técnicas puede ser el AOA y el TDOA. Un sistema híbrido de este tipo combina la estimación mediante AOA para cada estación base, con estimaciones de TDOA para varias estaciones base.

La protección frente a la multitrayectoria se hace mediante el uso de antenas adaptativas altamente directivas, que filtran especialmente las componentes reflejadas.

Este es el sistema más preciso de los considerados en este trabajo. Lógicamente, el procesamiento de la información debe hacerse con mucha precisión para evitar que las inexactitudes de una de las técnicas pueda afectar negativamente a la otra, ya que entonces en lugar de mejorar la precisión la empeorará con respecto a cada una de las técnicas consideradas individualmente.

- Técnica de AOA/TOA.

Por último, se presenta el único procedimiento mediante el cual se puede determinar la posición de la terminal con una sola estación base.

La combinación de la determinación del ángulo de llegada (AOA) con la distancia absoluta estimada (TOA) permite localizar a la terminal sin el concurso de estaciones adicionales, por lo que se simplifica la coordinación entre los nodos de la red.

Las actuales soluciones incluyen en los nodos de red las interfaces de acceso a la información de localización y las funciones de cálculo de la posición.

Estas dos funciones pertenecen a planos distintos de la red, interactúan con distintos elementos e incluso podría decirse que pertenecen a ámbitos tecnológicos distintos, por lo que no tendrán una evolución futura distinta.

En ETSI establece una división de características destinadas a permitir la localización de usuarios móviles, que son agrupadas según los distintos nodos ya existentes de la red GSM (como son BTS, BSC, MSC, HLR y la propia estación móvil MS) y tres nodos nuevos especializados en localización (SMLC, GMLC y LMU).

En los sistemas actuales es posible obtener la posición únicamente a través de un móvil que ha establecido una comunicación y siempre que el proceso de localización sea iniciado por un elemento ajeno al núcleo de la red.

En el sistema de localización normalizado, propuesto por el ETSI, es posible localizar móviles tanto si tienen establecida una comunicación como si están en reposo, a través de los tres escenarios de localización siguientes:

1. Móvil terminado (MT). Es un escenario idéntico al de los sistemas propios. Un cliente de localización inicia el proceso, solicitando al núcleo de red la posición de un usuario móvil.
2. Móvil Originado (MO). Es este escenario, es el propio móvil, mediante un cliente de localización residente en la terminal, el que solicita su localización.
3. Originado en red (NI). En este escenario, es el núcleo de la red en que decide iniciar la localización ante la detección de un determinado evento, como pueda ser la realización de una llamada de emergencia.

Los elementos que intervienen en la solución son:

La LMU (unidad de medida de localización).

Es un elemento de la red de radio que actúa como sensor de las emisiones de las estaciones móviles.

Instruida por el SMLC, la LMU realiza medidas sobre la señal de un determinado móvil y transmite el resultado de dichas medidas al SMLC. La posición geográfica de las LMU's es conocida, lo que permite al SMLC realizar triangulaciones con la información recibida de varias de ellas y obtener una estimación de la posición del móvil.

La LMU incluye la funcionalidad de realización de medidas (positioning signal measurement function PSMF) y la función de operación encargada de dar información de mantenimiento, prestaciones, capacidades, fallos, etc., del sistema de localización.

El SMLC (centro de servicio de localización móvil).

En el se agrupan todas las funcionalidades destinadas a obtener la información necesaria y a calcular la posición de usuario móvil. Es un nodo que puede considerarse incluido dentro de la subred, ya que controla las LMU's y las BSC's en los aspectos relacionados con las medidas de señales procedentes de los móviles.

El SMLC interacciona con el BSC directamente o a través del MSC, y con las LMU's y la terminal móvil (del cual también puede obtener medidas, en caso de que la terminal esté adaptado para ello) a través de la BSC. Con estas medidas haciendo uso de la información sobre la posición geográfica de las LMU's y las BTS's, así como la potencia radiada por cada antena, su apertura de haz y demás parámetros radioeléctricos, el SMLC es capaz de calcular una estimación de la posición en la que se encuentra la terminal móvil. El SMLC podría incluso hacer uso de bases de datos geográficas con modelos del terreno para mejorar la precisión de la localización.

El ETSI situ al SMLC las siguientes funciones relacionadas con la localización:

- Control de la movilidad de las LMU's tipo A, registrando el estado y la posición de cada LMU.
- Difusión de información de apoyo a E-OTD y A-GPS, en caso de utilizar estos métodos de posicionado.
- Coordinación y selección de los recursos de radio necesarios para realizar una localización en función de la calidad de servicio, así como de las capacidades de la red y del móvil.
- Cálculo de la estimación de la posición del móvil en función de la información obtenida de las BTS's, LMU's y MS, y de las bases de datos de las BTS's y LMU's con información radioeléctrica.
- Función de operación encargada de dar información de mantenimiento, prestaciones, capacidades, fallos, etc., del sistema de localización.

El GMLC (centro global de localización móvil).

Agrupar todas las funciones relacionadas con la interacción con el cliente externo que solicita la información de localización, y con el modelo del negocio.

El GMLC ofrece una interfaz a los clientes externos que oculta completamente la complejidad de la red móvil. El cliente únicamente solicita una localización y el GMLC obtiene la respuesta de la red.

Realiza el control de acceso con listas blancas y negras de clientes permitidos y con listas de usuarios móviles que pueden ser localizados por cada cliente externo (esta funcionalidad es realizada por el HLR, dentro del control general que el HLR tiene de los servicios suscritos para cada usuario). Realiza también transformaciones de sistemas de coordenadas entre las proporcionadas por la red y las deseadas por cada cliente externo. En el GMLC se genera información necesaria para los cargos por los servicios, tanto para los usuarios externos como para los clientes de la red móvil.

Las funciones situadas por el ETSI en el GMLC son las siguientes:

- Control del proceso de localización, gestionando la interfaz con los HLR's, MSC's u otros nodos de la red GSM, para la realizar la localización.
- Control del acceso a los clientes de localización.
- Tarificación.
- Transformación entre los sistemas de coordenadas.
- Función de operación, encargada de dar información de mantenimiento, prestaciones, capacidades, fallos, etc., del sistema de localización.

El CBC (centro de difusión celular)

El nodo CBC es el encargado de difundir en la célula información de apoyo a los sistemas de localización, como A-GPS, y no sería necesaria su intervención en los sistemas de localización que no necesiten de información adicional, como el de la identidad de la célula.

Las interfaces de los distintos nodos con el resto de la red son:

- La interfaz externa Le entre el GMLC y los clientes LCS. Esta interfaz no está aun estandarizada por el ETSI.
- La interfaz Lh entre el GMLC y el HLR. Es una interfaz MAP, mediante el cual el GMLC obtiene del HLR la identidad del MSC que está prestando el servicio.
- La interfaz Lg entre el GMLC y el MCS. Es una interfaz MAP. Por esta el GMLC solicita al MSC la posición de un determinado móvil situado en su área de responsabilidad. También por esta interfaz, el MSC puede notificar por iniciativa propia al GMLC la posición de un determinado usuario móvil, junto con la identidad del cliente LCS al que debe enviar el GMLC dicha posición. Este último escenario es el que ocurre en las llamadas de emergencias, en las que el MSC que recibe la llamada solicita automáticamente al SMLC, por la interfaz Ls, la localización del llamante y cuando obtiene la respuesta la envía al GMLC para este la entregue al centro de emergencias.
- La interfaz Lc. Es una interfaz que permitirá acceder a los servicios de localización.
- Las interfaces Lb y Ls entre el SMLC, el BSC y el MSC.
- Interfaz Lp entre SMLC's.

La telemetría es la medición y control de procesos y eventos a distancia

Es un servicio de medición y control inalámbrico móvil de dispositivos que utiliza cualquier red inalámbrica disponible para conectar un dispositivo de captura y envío de datos.

Por medio de la instalación de un módulo de datos de dos vías, se toma la lectura de datos y se controlan dispositivos. Esto permite el control y la medición de forma inalámbrica de dispositivos o procesos, mediante la comunicación con puertos de datos, estados lógicos y análogos.

La telemetría utiliza los módulos de telemetría de diversos proveedores con distintas funciones cada uno.

Estos módulos tienen la siguientes funciones:

- Proveen conectividad inalámbrica para aplicaciones de telemetría
- Permiten el monitoreo remoto de sitios
- Habilitan el control de dispositivos
- Encajan en una variedad de sitios con una fácil integración
- Son herramientas de desarrollo que hacen alcanzable la tecnología inalámbrica

Los módulos de telemetría pueden ser programados para reaccionar a distintos eventos. Los eventos pueden ser externos o internos. Los eventos externos son los que el módulo lee por sus puertos o instrucciones recibidas por la red inalámbrica disponible para el dispositivo. Los eventos internos son instrucciones que el módulo recibe del programa

Aplicaciones:

- Mercado de Negocios.
- Letreros Inalámbricos: transferencia de datos.
- Computadoras: notificaciones inalámbricas de datos.
- Espectaculares.
- Control de iluminación.

Mercado industrial:

- Consumo: monitoreo de niveles.
- Válvulas de paso: abrir y cerrar.
- Puertas de seguridad: abrir y cerrar.

Transmisión de signos vitales.

Como se ha mencionado la telemetría puede usarse en muchas aplicaciones, la que aquí se presenta está pensada para que pueda enviarse los signos vitales de un paciente trasladado de urgencia a un hospital a bordo de una ambulancia por medio de la conexión a la red GSM/GPRS, al mismo tiempo el personal paramédico en la ambulancia puede recibir instrucciones del personal médico en el hospital, el personal médico puede a la vez saber en que estado va a llegar el paciente. Pueden aumentarse características, además de enviar los signos vitales, pueda enviarse alguna imagen o vídeo.

El éxito que tendría esta aplicación es la integración de las tecnologías comerciales ya existentes y el uso de estándar de sistemas abiertos. Se pueden usar componentes modulares ya probados lo que bajaría el costo ,bajaría el riesgo y simplificaría la introducción de nuevas tecnologías.

Tratando de que el sistema sea el más completo menciono la arquitectura que tendría este, si además de los datos de signos vitales se enviara vídeo. El sistema integra los siguientes componentes comerciales:

- Cámara digital, una televisión, micrófono y video casetera.
- Equipo de monitoreo de los signos vitales del paciente.
- Equipo de computo capaz de funcionar como sistema de registro del paciente.
- Sistema de vídeo y comunicación, que integre la entrada de la cámara mientras maneja el arreglo de teléfonos.

Los datos de los signos vitales son capturados desde el equipo de monitoreo por el equipo de computa que sirve como registro del paciente. Se transmiten los datos del paciente (junto con cualquier registro del paciente que haya sido introducido por los paramédicos) al sistema de vídeo y comunicación. El sistema de comunicación integra los datos del paciente con la entrada de vídeo para la comunicación con el hospital. La vídeo casetera se usa para grabar los datos de audio y vídeo. La transmisión de los datos utiliza varios teléfonos celulares en paralelo, para incrementar el rendimiento del sistema.

Aunque el ancho de banda de la comunicación celular es bajo comparado con otros esquemas de transmisión, por ejemplo la satelital, las mejoras técnicas que cada vez se dan en este ámbito de la tecnología son muy grandes. Además el uso de la comunicaciones digitales celulares proporcionan ventajas que incluyen una señal encriptada para la privacidad de los datos, los retrasos de transmisión que se comparan favorablemente con los módems de línea.

El ancho de banda de los canales de la comunicación celular contrasta con la cantidad de datos que pueden enviarse en tiempo real al hospital. Aunque los datos numéricos simples de los signos vitales del paciente no demandan mucho ancho de banda, el ancho de banda requerido para imágenes, vídeo y formas de onda de los signos vitales es mucho más grande. Es por eso que se sugiere la utilización de varios teléfonos celulares.

En el hospital, los datos se reciben sobre módems y se almacenan en un servidor Microsoft NT. Los datos en el servidor se guardan dentro de la base de datos relacional del tipo Microsoft SQL, con los datos de la imagen guardados con la referencia a los archivos correspondientes de imagen. La base de datos se interconecta con el servidor de información de Internet de Microsoft (un web server) para hacer los datos disponibles sobre el Intranet del hospital. Los médicos utilizan un cliente explorador de web (Internet Explorer o Netscape) para tener acceso a los datos de una ambulancia en tiempo real sobre el LAN desde sus computadoras.

La arquitectura del software podría utilizar tecnología "server-push" para actualizar el despliegue de la computadora. Una conexión segura HTTP se establece desde la maquina del cliente al servidor de la Intranet la cual se mantiene abierta por el cliente. Mientras que los nuevos datos llegan de la ambulancia hacia el servidor, el software de JAVA en el servidor genera las actualizaciones dinámicas del HTML que se transfieren automáticamente al cliente. Así se presenta continuamente

al usuario los últimos datos recibidos, sin la necesidad de que este inicie frecuentes requisiciones de actualización de datos.

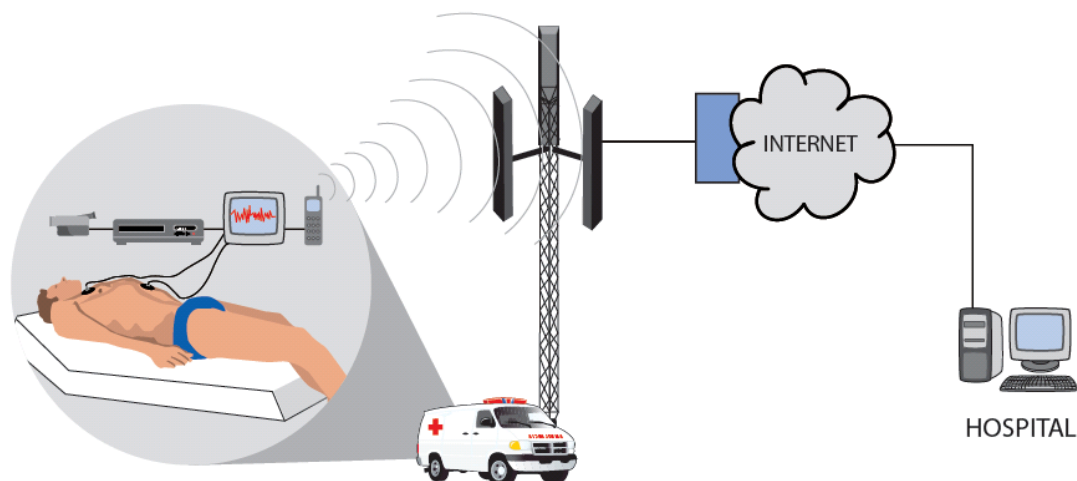


Figura E-1 Transmisión de signos vitales por la red GSM/GPRS

La telemetría utiliza el ambiente de comunicación GPRS de los proveedores de GSM para transmitir los datos teleducidos. la tarea de los sistemas es recolectar los datos desde las unidades de telemetría remota y procesar y almacenarlos dentro de una base de datos central, para evaluar y desplegar los datos medidos en una forma gráfica y textual (esquemas tecnológicos, jornalización de eventos, notificación de alarmas de jornalización, comunicación con el proveedor, control remoto de la tecnología subordinada).

Posibilidades de utilización.

- Redes de telemetría grandes.
- Redes de transmisión para negocios.
- Redes de diagnóstico de telemetría.

Las ventajas de la telemetría en GSM.

- Amplia cobertura por la red de telemetría (esto esta limitado por la cobertura del proveedor de GSM).
- Bajo costo de inversión y operación.
- Pronta operabilidad y movilidad de la telemetría.

Alarma para vehículo.

El equipo debe estar compuesto por un sistema de adquisición de las señales del vehículo tanto analógicos y digitales, con preprocesamiento, análisis y almacenamiento, y un módulo de transmisión móvil (GSM) integrados en un solo equipo.

El elemento de adquisición de señales debe estar dotado de sistema de amplificación, filtrado analógico y digitalización de las señales obtenidas. A su vez debe de contener de los siguientes componentes:

- Sensores.
- Sistema microprocesador y memoria. Sus funciones abarcan desde la adquisición de las señales, su procesamiento en tiempo real y el almacenamiento en memorias digitales de aquellos datos que son de interés.
- Módulo de comunicaciones GSM
- Sistema de Alimentación. Permite la conexión a la batería del coche. Además dispone de una batería que alimenta todo el sistema en caso de la pérdida de alimentación externa. Cuando la batería esta baja, el sistema emite una señal que indica los niveles mínimos. Esta señal también se envía al teléfono móvil del propietario

La solución de esta alarma presenta las siguientes características:

- Envío de SMS a los teléfonos de los propietarios en los cuales puede mandarse hasta a 10 teléfonos.
- Posibilidad de encendido y apagado de la alarma mediante teléfono.
- Posibilidad de consulta remota del estado de los parámetros sensados del vehículo.
- Localización del vehículo mediante las plataformas de localización de algunas de las operadoras de telefonía móvil que tienen disponible el servicio.
- Posibilidad de ejecutar acciones una vez que se ha producido una señal de alarma sobre el automóvil.
- Emisión de señal acústica, mediante el equipo situado en el coche.

Apéndice F EDGE.

El objetivo de la nueva tecnología es incrementar las tasas de transmisión de datos y la eficiencia del espectro. Facilitando así nuevas aplicaciones e incrementando la capacidad para el uso del móvil.

Con la introducción de EDGE en la fase 2+ de GSM se mejoran los servicios como GPRS y HSCSD ofreciendo una nueva capa física. Los servicios no son modificados. El EDGE es introducido, no creando nuevas especificaciones y descripciones, sino utilizando las ya existentes.

El GPRS permite tasas de datos de 115 kbps en la capa física, el EGPRS es capaz de ofrecer tasas de datos de 834 kbps y teóricamente de 473.6 kbps. Las tasas de transmisión del EGPRS son posibles por medio de la combinación de mecanismos mejorados de adaptación del enlace, métodos de transmisión tolerantes a error y una nueva técnica de modulación. Esta es la clave para incrementar la eficiencia del espectro y las aplicaciones tales como el Internet inalámbrico, e-mail y transferencia de archivos.

GPRS/EGPRS será uno de los mejores adelantos en la evolución de la tecnología inalámbrica en conjunción con WCDMA. Una tasa de transmisión más alta para recursos de radio específicos mejora la capacidad permitiendo más tráfico tanto para los servicios de circuito conmutado como los servicios de paquete conmutado.

El acceso de radio al red GSM/EDGE (GERAN) será capaz de ofrecer los mismos servicios que WCDMA conectando a la misma red base. Esto se realiza en paralelo con el incremento de la eficiencia espectral. El propósito es aumentar la capacidad del sistema, para los servicios en tiempo real y los servicios adicionales; logrando de esta manera competir con eficacia con otras redes de la tercera generación tales como WCDMA y cdma2000.

Visto como un subsistema dentro del estándar de GSM, GPRS introdujo los datos de paquetes conmutados dentro de las redes de GSM, para hacer posible esto se introdujeron muchos nodos y protocolos nuevos.

EDGE es un método para incrementar la tasa de datos en un enlace de radio de GSM. Básicamente, EDGE sólo introduce una técnica de modulación y codificación de canal nuevas, que pueden usarse para transmitir tanto los servicios de voz como los de datos; ya sea de conmutación de circuito o de conmutación de paquete. EDGE es por lo tanto sólo un complemento de GPRS y no puede trabajar solo. GPRS tiene un mayor impacto sobre GSM del que tiene EDGE. EGPRS ofrece significativamente menos desempeño y capacidad.

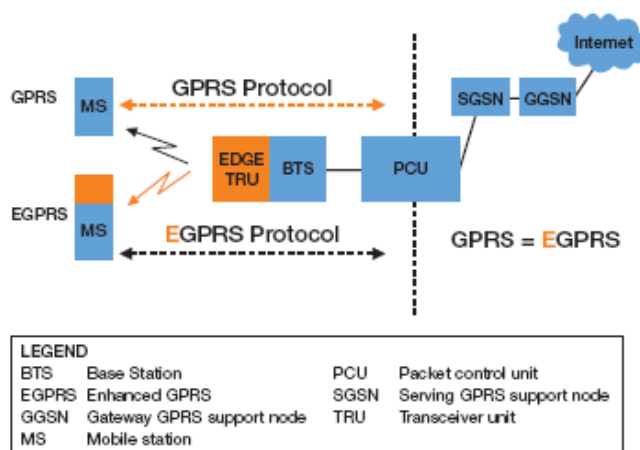


Figura F-1 EGPRS introduce cambios sólo en la parte de la red correspondiente al sistema de estación base.

GPRS y EGPRS tienen diferentes protocolos y diferente desempeño en el sistema de estación base. Sin embargo, exceptuando el sistema de estación base, la red comparte los mismos protocolos de manejo de paquetes y por lo tanto tienen el mismo comportamiento. El reuso de la infraestructura base de GPRS (el nodo de soporte de servicio GPRS y el nodo de soporte de enlace de GPRS) enfatizan el hecho de que EGPRS es solo un complemento del sistema de estación base y por lo tanto más fácil de introducir que GPRS (figura F-1).

Además de la mejora en el procesamiento para casa usuario de datos, también se incrementa la capacidad. Con EDGE el mismo time slot puede soportar a mas usuarios. Esto decrece los recursos de radio que se requieren para soportar el mismo trafico, teniéndose entonces más capacidad para los servicios de voz o datos. EDGE hace más fácil que coexistan el tráfico de conmutación de circuito y de conmutación de paquete, haciendo más eficiente el uso de los mismos recursos de radio. De esta manera EDGE puede verse como un incremento de capacidad para el tráfico de datos en las redes muy limitadas en espectro.

Tecnología EDGE.

EDGE toma los conocimientos obtenidos a través del uso de los estándares GPRS existentes para lograr mejoras técnicas significativas.

	GPRS	EDGE
Modulación	GMSK	8-PSK/GMSK
Tasa de símbolo	270 ksimbolos/s	270 ksimbolos/s
Tasa de bit de modulación	270 kb/s	810 kb/s
Tasa de datos por usuario (8 time slots)	160 kb/s	473/6 kb/s

Tabla F-1 Comparación de datos técnicos entre GPRS y EDGE.

En la tabla F-1 se muestran las comparaciones técnicas básicas de GPRS y EDGE. Aunque GPRS y EDGE comparten la misma tasa de símbolo, las tasas de bit de modulación son diferentes. EDGE puede transmitir tres veces mas que GPRS en el mismo periodo de tiempo. Esto es la razón principal para las tasas de bit más altas de EDGE.

Las diferencias entre las tasas de datos de radio y usuario con el resultado de tomarse o no en cuenta los paquetes que conforman los encabezados. Estas formas diferentes de calcular el desempeño frecuentemente causan un malentendido dentro de la industria en lo que respecta al desempeño de GPRS y GPRS.

Por lo general se utiliza la tasa de datos de 384 Kbps en relación a EDGE. La Unión Internacional de Telecomunicaciones a definido a los 384 Kbps como la tasa de datos límite requerida en el servicio para satisfacer el estándar de telecomunicaciones móviles internacionales 2000 (IMT2000) en un ambiente peatonal. Esta tasa de 384 KBPS corresponde a 48 KBPS por time slot, asumiendo un octavo time slot terminal.

Técnica de modulación EDGE.

El tipo de modulación que se utiliza en GSM es la GMSK, la cual es un tipo de modulación en fase. Esto se puede visualizar en un diagrama I/Q que muestra las componentes real (I) e imaginaria (Q) de una señal transmitida figura F-2.

La transmisión de un bit 0 o un bit 1 se representa cambiando la fase. Cada símbolo que se transmite representa un bit, es decir, cada corrimiento en la fase representa un bit.

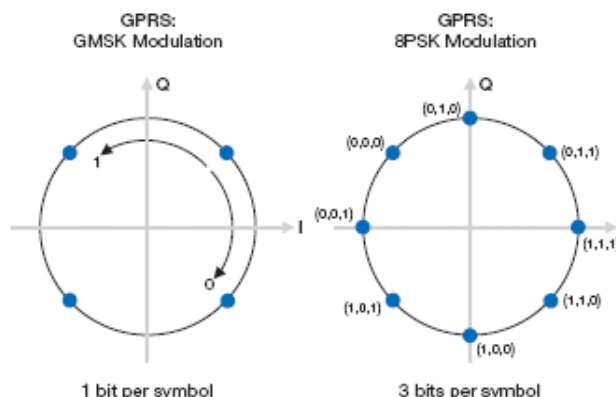


Figura F-2 Diagrama I/Q mostrando los beneficios de la modulación en EDGE

Para poder alcanzar tasas de bits más altas por time slot que las disponibles en GSM/GPRS, el método de modulación requiere cambiarse. Las especificaciones de EDGE están creadas para el reuso de la estructura, el ancho y codificación del canal, así como los mecanismos existentes y la funcionalidad de GPRS y HSCSD. La modulación estándar seleccionada para EDGE es la 8-PSK que satisface todos los requerimientos mencionados. La modulación 8-PSK tiene la mismas cualidades que la modulación GMSK en términos de generación de interferencia sobre los canales adyacentes. Lo cual hace posible integrar los canales de EDGE dentro del plan de frecuencias existente y asignar nuevos canales EDGE, de la misma manera que los canales GSM estándar.

El método de modulación 8-PSK es un método lineal en el cual tres bits consecutivos se mapean dentro de un símbolo en el plano I/Q. La tasa de símbolo, o el número de símbolos enviados dentro de un periodo de tiempo, permanece igual que para GMSK, pero ahora cada símbolo representa tres bits en vez de uno. La tasa total de datos se incrementa por un factor de tres.

La distancia entre los símbolos es más corta usando una modulación 8PSK que cuando se usa una modulación GMSK. Una distancia más corta aumenta el riesgo en la correcta interpretación de los símbolos porque es más difícil que el receptor detecte qué símbolo ha recibido. Bajo buenas condiciones de radio esto no representa ningún problema, de lo contrario sí significa un problema. Los bits extras se usarán para agregar más codificación de corrección de error, y así poder recuperar la información correcta. Sólo bajo ambientes de radio muy pobres es más eficiente la modulación GMSK. Por lo tanto los esquemas de codificación de EDGE con una mezcla de GMSK y 8-PSK.

Esquemas de codificación.

Para GPRS están definidos cuatro esquemas de codificación designados como CS1 hasta CS4 (CS coding scheme). Cada uno tiene diferentes cantidades de codificación de corrección de error las cuales están optimizadas para diferentes ambientes de radio. Para EGPRS se introdujeron nueve esquemas de modulación, designados desde MCS1 hasta MCS9 (MCS modulation coding scheme). Estos esquemas satisfacen la misma tarea que los esquemas de codificación de GPRS: los cuantos esquemas más bajos de codificación de EGPRS (MCS1 a MCS4) usan modulación GMSK, mientras que los cinco superiores (MCS5 a MCS9) usan modulación 8-PSK. La figura F-3 muestra los esquemas de codificación tanto para GPRS como para EGPRS mostrando su máximo desempeño.

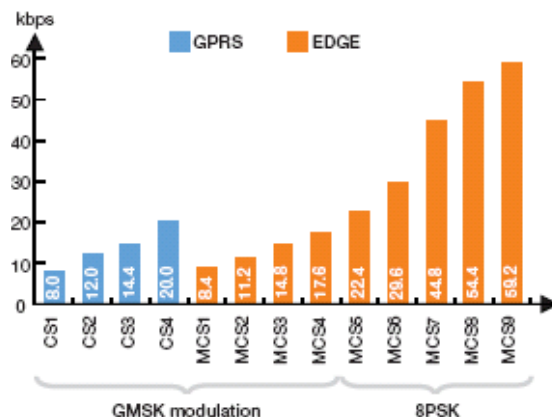


Figura F-3. Esquemas de codificación para GPRS y EGPRS

El desempeño de un usuario de GPRS alcanza la saturación en un máximo de 20 Kbps con CS4, mientras que la tasa de bit de EGPRS continua aumentando mientras aumenta la calidad de radio, hasta que el desempeño alcanza la saturación en 59.2 Kbps.

Tanto CS1 a CS4 de GPRS como MCS1 a MCS4 de EGPRS usan la modulación GMSK con mínimas diferencias en el desempeño. Esto se debe a la diferencias en el tamaño del encabezado de los paquetes de EGPRS. Lo que hace posible segmentar de nuevo los paquetes de. Si el nuevo ambiente de radio lo requiere, un paquete enviado con un esquema de codificación más alto (menor corrección de error) que no es recibido apropiadamente, puede retransmitirse con un esquema de codificación mas bajo (mas corrección de error). Esta resegmentación (retransmisión con otro esquema de codificación) requiere cambios en el tamaño de la carga útil de los bloques, es por esto que EGPRS y GPRS no tienen el mismo desempeño para el esquema de modulación con GMSK. La resegmentación no es posible con el GPRS.

Manejo de paquete.

Otra mejora que se ha realizado para el estándar EGPRS es la habilidad para retransmitir un paquete que no se ha decodificado de manera correcta con un esquema de codificación más robusto. Para GPRS la resegmentación no es posible. Una vez que los paquetes han sido enviados, deben de retransmitirse usando el esquema de codificación original aun cuando el ambiente de radio haya cambiado. Esto tiene un impacto importante en el desempeño, ya que el algoritmo decide en nivel de confianza con el que debe trabajar la adaptación de enlace (LA)

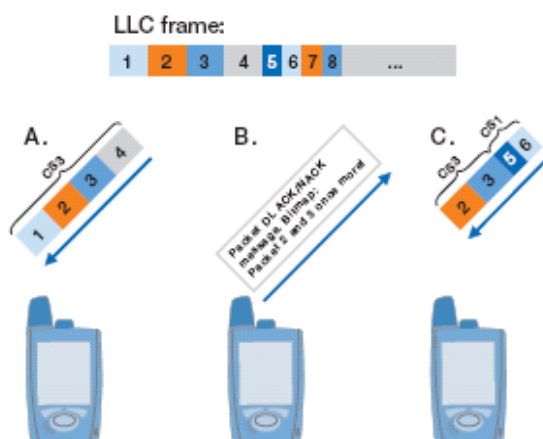


Figura F-4 Transferencia de paquete y retransmisión para GPRS.

A continuación se da un ejemplo de la transferencia de paquete y retransmisión (figura F-4).

- A. La terminal GPRS recibe datos desde la red por el downlink. El algoritmo de adaptación de enlace en el controlador de la estación base decide enviar los bloques de radio con CS3 debido a un reporte previamente recibido de medida de GPRS (por ejemplo los números 1 a 4). Durante la transmisión de estos paquetes, la razón portadora a interferencia (C/I) decrece dramáticamente, cambiando el ambiente de radio. Después de que los paquetes han sido transmitidos, la red encuesta por un nuevo reporte de medida, que incluye el mapa de bit de conocidos/desconocidos, que le dice a la red que bloques de radios han sido recibidos correctamente.
- B. El móvil GPRS responde con un mensaje de conocidos/desconocidos del paquete de downlink que contiene la información acerca de la calidad del enlace y el mapa de bits. En este ejemplo se asume que los paquetes 2 y 3 se enviaron de manera errónea.
- C. Basado en la información de calidad del nuevo enlace, el algoritmo de adaptación de enlace de GPRS adaptará el esquema de codificación a el nuevo ambiente de radio usando CS1 por los paquetes nuevos 5 y 6. Sin embargo, debido a que GPRS no puede segmentar de nuevo los paquetes viejos, los paquetes 2 y 3 se deben de retransmitir usando CS3, aunque haya un riesgo de que estos paquetes de nuevo no sean decodificados correctamente.

Como resultado, la adaptación de enlace para GPRS requiere una selección cuidadosa de el esquema de codificación para evitar las retrasmisiones lo más posible.

Los paquetes enviados con poca protección de error pueden retransmitirse con una protección mayor si el ambiente de radio lo requiere. Debido a que es posible la resegmentación, el cambio rápido en el ambiente de radio tiene mucho menor efecto en el problema de escoger un esquema de codificación equivocado para la siguiente secuencia de bloques de radio

Ventana de direccionamiento.

Después de que se pueden transmitir la secuencia de paquetes de control de enlace de radio codificados o la secuencia los bloques de radio, sobre una interfaz Um (radio) el transmisor debe direccionar los paquetes con un numero identificador. Esta información se incluye en el encabezado de cada paquete. Los paquetes en GPRS se numeran del 1 al 128.

Después de la transmisión de una secuencia de paquetes, por ejemplo 10 paquetes, el transmisor pregunta al receptor para verificar las correcciones de los paquetes recibidos por medio del reporte de conocidos/desconocidos. Este reporte informa al transmisor cuales paquetes no fueron exitosamente decodificados y deben de ser retransmitidos.

Ya que el número de paquetes está limitado a 128 y la ventana de direccionamiento es 64, el proceso de envío de paquete puede quedarse sin direcciones después de 64 paquetes. Si un paquete decodificado de manera errónea debe de retransmitirse, éste puede tener el mismo número que el nuevo paquete en la cola. Si es así, deben de retransmitirse el protocolo entre la terminal y las paradas de la red, y todos los paquetes que pertenecen a la misma trama de capacidad de capa baja.

En EGPRS, los números de direccionamiento se han aumentado a 2048 y la ventana se ha incrementado a 1024 para minimizar el riesgo de atasco. Esto aminora el riesgo de retransmitir tramas de capacidad de capa-baja y previene la disminución del rendimiento.

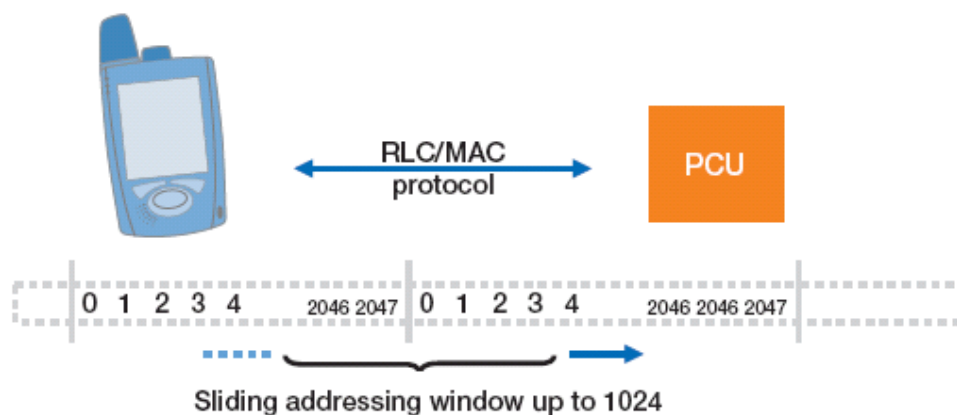


Figura F-5

Exactitud de la medida.

Como en el ambiente de GSM, GPRS mide el ambiente de radio analizando el canal por medio de la potencia de la portadora, tasa de error, etc. El realizar estas mediciones toma tiempo a la estación móvil, lo cual no tiene importancia para voz ya que todo el tiempo se utiliza la misma codificación.

En el ambiente de conmutación de paquete, es esencial analizar la rapidez del enlace de radio para adaptar la codificación según el nuevo ambiente. El procedimiento de análisis del canal que se usa en GPRS hace la selección de la complejidad del esquema de codificación basado en las mediciones realizadas sólo durante las ráfagas ociosas. Como resultado de esto, las mediciones se realizan dos veces durante un periodo de 240 milisegundos.

Para EGPRS el estándar no cuenta con el mismo mecanismo "lento" de medida. Las mediciones se realizan en cada ráfaga dentro del ecualizador de la terminal, que tiene como resultado una estimado de la probabilidad de bit en error (BEP).

Estimado para cada ráfaga, el BEP es un reflejo del C/I actual, del tiempo de dispersión de la señal y la velocidad de la terminal. La variación del valor del BEP sobre varias ráfagas también proporcionarán información adicional respecto a la velocidad y al salto de frecuencia.

Se calcula para el bloque de radio una media del BEP (cuatro ráfagas) así como la variación (la desviación estándar de la estimación del BEP dividida por la media del BEP) sobre cuatro ráfagas. Estos resultados entonces se pasan para todos bloques de radio enviados dentro del período de la medición.

Las medidas en periodos cortos de medición permiten una reacción rápida a los cambios en el ambiente de radio. Por lo tanto es posible realizar una adaptación de enlace mejor y más flexible.

Intercalación.

Para incrementar el desempeño de los esquemas de codificación más altos en EGPRS (MCS7 a MCS9) aun con una C/I baja, se cambió el procedimiento de intercalación dentro del estándar.

Cuando se utiliza el salto de frecuencia, el ambiente de radio se cambia en un nivel por ráfaga. Debido a que el bloque de radio es intercalado y transmitido sobre cuatro ráfagas para GPRS, cada ráfaga puede experimentar un ambiente de interferencia completamente diferente. Si sólo uno de las cuatro ráfagas no se recibe de manera apropiada, el bloque entero de radio no será decodificado apropiadamente y tendrá que ser retransmitido. En el caso de CS4 para GPRS, se utiliza una protección de error baj.

Con EGPRS, el estándar, para combatir este problema, maneja el esquema de codificación más alta de forma diferente que GPRS. MCS7, MCS8 y MCS9 actualmente transmiten dos bloques de radio sobre cuatro ráfagas, y la intercalación ocurre sobre dos ráfagas en vez de cuatro. Esto reduce el número de ráfagas que tienen que ser retransmitidas debidas a los errores que ocurran. La probabilidad de recibir dos ráfagas consecutivas libres de errores es más alta que la probabilidad de recibir cuatro ráfagas consecutivas libres de errores. Esto significa que los esquemas de codificación más altos para EDGE tienen una mejor robustez para el salto de frecuencia.

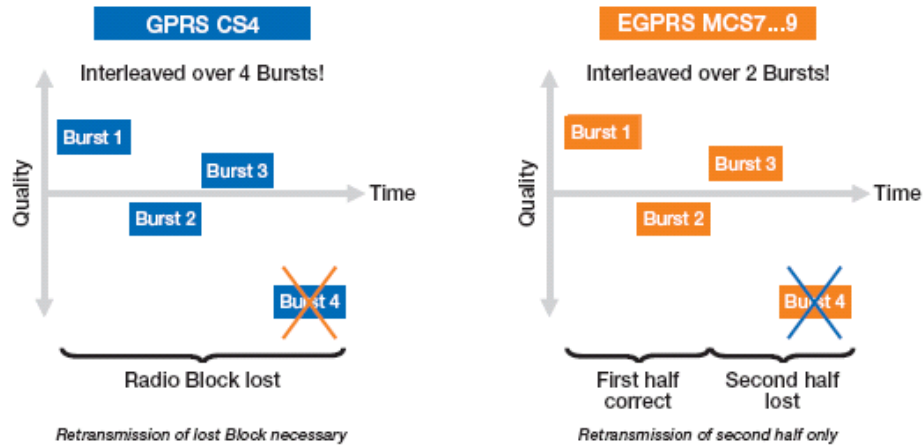


Figura F-6 Intercalación

Función de control de enlace de EGPRS.

Para realizar en mejor desempeño posible sobre el enlace de radio, EGPRS utiliza dos características: la adaptación del enlace y la redundancia incremental. Comparado con la solución de pura adaptación de enlace, esta combinación de mecanismos significativamente mejora el desempeño.

Adaptación de enlace.

La adaptación del enlace usa la calidad del enlace de radio medida por la estación móvil en la transferencia de downlink o por la estación base por la transferencia de uplink, para seleccionar el esquema de codificación más adecuado para la transmisión de la siguiente secuencia de paquetes. Para una transferencia de paquete, la red informa a la estación móvil que esquema de codificación utilizar para la transmisión para la transmisión de la siguiente secuencia de paquetes. El esquema de codificación de modulación puede cambiarse para cada bloque de radio (cuatro ráfagas), pero un cambio es iniciado usualmente por nuevas estimaciones de calidad. La adaptación practica de la tasa se decide por el intervalo de medición.

Se tienen tres familias: A, B y C; dentro de cada familia existe una relación entre los tamaños de carga útil que hacen posible la resegmentación para la retransmisión.

Channel Coding schemes	Throughput/TS	Family	
MCS9	59,2	A	GMSK
MCS8	54,4	A	
MCS7	44,8	B	
MCS6	29,6	A	
MCS5	22,4	B	
MCS4	17,6	C	8PSK
MCS3	14,8	A	
MCS2	11,2	B	
MCS1	8,8	C	

Figura F-7 Modulación y esquemas de codificación.

Redundancia Incremental.

La redundancia incremental usa inicialmente un esquema de codificación, por ejemplo el MCS9, con una protección de error muy pequeña y sin considerar la condición de la calidad del enlace de radio que existe en ese momento. Cuando la información se recibe de manera incorrecta, se transmite una codificación adicional y es combinada en el receptor con la información previamente recibida. La combinación incrementa la probabilidad de decodificar la información. Este procedimiento será repetido hasta que la información sea decodificada exitosamente. Esto significa que la información en relación al enlace de radio no es necesaria para soportar la redundancia incremental. Para las estaciones móviles es obligatorio en el estándar soportar la redundancia incremental.⁷

Apéndice G Normas de Acceso de Radio de Tercera Generación

De la misma forma que el acceso de radio de segunda generación trajo capacidades de telefonía móvil al mercado en masa, la tercera generación de acceso de radio introducirá valor que se extiende más allá de la telefonía básica. El crecimiento general de la Internet ha creado una base de mercado en masa para multimedia y servicios de información. El desafío es de unir la cobertura de telefonía móvil y la base de usuario asociada con la Internet y otras aplicaciones multimedia. Para hacer frente a este desafío con éxito, el acceso de radio de tercera generación debe ofrecer:

- gestión multimedia flexible;
- acceso a Internet;
- servicios flexibles de portador; y
- acceso por paquetes de coste eficaz para servicios de mejor esfuerzo.

La mayor parte de los nuevos servicios multimedia serán ofrecidos por medio de la Internet. Una buena característica del acceso de radio de tercera generación tiene como resultado un Internet móvil. Multimedia requiere una flexibilidad considerable, es decir, la capacidad eficaz de coste para apoyar distintos servicios con requisitos muy distintos, tales como distintas tasas de bit (constante o variable), servicio de tiempo real o de mejor esfuerzo, y servicio de conmutación por paquetes o en modo circuito.

El acceso de radio de tercera generación debe dar además cobertura de área completa (igual que el servicio de voz de segunda generación); servicios de alta tasa de bit (cobertura de área completa de 384 kbit/s, 2 Mbit/s de cobertura local); y cualquier tipo de mezcla de servicio. Y finalmente, la tercera generación de acceso de radio debe usar el espectro de radio y los recursos de red de una manera de coste eficaz.

Migración

Las normas de tercera generación deben facilitar la migración eficaz de acceso de radio de segunda generación para tener éxito. La introducción de multimedia a la comunicación móvil se llevará a cabo de forma gradual al pasar el tiempo. Así se debe atender a un plan de migración paso a paso que comienza con el estado de los sistemas de segunda generación de hoy.

Dado que hay cuatro normas separadas de segunda generación (GSM, TDMA, PDC, e IS-95), se deben ofrecer distintos caminos de migración.

Asignación de espectro

El espectro es asignado de forma distinta en distintas partes del mundo. La disponibilidad de espectro varía además mucho de operador a operador. En muchas regiones del mundo se debe asignar nuevo espectro dentro de partes de la banda de frecuencias IMT-2000 de 2GHz como se define por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU). Europa asignará 1920 – 1980 MHz y 2110 – 2170 MHz para la operación de duplex de división de frecuencia (FDD), y 1900 – 1920 MHz y 2010 – 2025 MHz para la operación de duplex con división en el tiempo (TDD), según la recomendación de ITU. En Japón se ha hecho una asignación idéntica para la operación de FDD, pero no se ha hecho ninguna asignación para la operación de TDD. La asignación de espectro en los Estados Unidos es distinta a la de Europa y Japón, ya que partes de la frecuencia de 2 GHz ya han sido asignadas para uso por servicios de comunicación personal (PCS).

Aun cuando se ha reservado espectro en ciertas partes del mundo para servicios IMT-2000, esto no significa que no se pueden dar servicios similares en otras bandas. Por ejemplo, EDGE (que es un camino de migración para GSM y TDMA/136) y el portador múltiple cdma2000 (que es un camino de migración para IS-95) apoya la mayoría de los servicios IMT-2000. Por consiguiente podemos esperar ver los siguientes desarrollos en el mercado:

- a los operadores se les asignará nuevo espectro, o bandas pareadas (FDD) o no pareadas (TDD); y
- los operadores migrarán el espectro existente de segunda generación, añadiendo apoyo para servicios de tercera generación.

En resumen, las normas de tercera generación deben atender de forma eficaz a los requisitos de multimedia y flexibilidad, de migración de segunda generación a tercera generación, y asignación de espectro.

Familia de normas armonizadas de tercera generación

Durante toda la década pasada el Sector de Comunicaciones de Radio (ITU-R) de ITU ha elaborado en un marco para normas globales de tercera generación. Al mismo tiempo, y desde principios de la década de 1990, la industria ha estado investigando activamente el acceso de radio de tercera generación.

Cuando la ITU-R hizo una llamada para propuestas en 1998, se presentaron diez candidatos terrestres. Varios de los candidatos eran bastante similares, aun cuando derivados de distintos cuerpos de normas.

El Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI) respondió con el interfaz de acceso de radio terrestre UMTS (UTRA) (para IMT-2000).

En paralelo con las actividades de banda ancha CDMA (WCDMA) en Europa, se estaba realizando un extenso trabajo de WCDMA de tercera generación en Japón, Corea, y los Estados Unidos. Los cuerpos de normalización presentaron cada uno sus propias variantes de WCDMA como candidatos para IMT-2000. Se debe tomar nota, sin embargo, de que se llevó a cabo mucha cooperación y coordinación entre los proponentes de WCDMA, por lo que al final fueron más o menos idénticas las cuatro variantes de WCDMA. Hoy hay sólo una norma WCDMA, ya que los cuerpos regionales de normalización – ETSI (Europa), TIPI (Estados Unidos), ARIB/TTC (Japón) y TTA (Corea) han juntado sus fuerzas en el Proyecto de Asociación 3G (3GPP).

La ITU recibió también otras propuestas CDMA:

- la especificación cdma2000 propuesta por los cuerpos de normalización en los Estados Unidos y Corea (las propuestas cdma2000 contenían dos modos: un modo de dispersión directa por toda la banda de 5 MHz, y un modo de portador múltiple con tres portadores IS-95 en un formato de portador múltiple en el enlace descendente); y
- la especificación UWC-136 (EDGE y un modo de banda ancha TDMA) propuesta por TTA (Estados Unidos).

La ITU recibió en total tres familias de propuestas PDD (WCDMA, cdma2000, y UWC-136) y tres propuestas TDD (UTRA/TDD, TDD – SCDMA, y DECT – Europa, China, y Europa, respectivamente). Después de haber presentado estas propuestas a la ITU, la industria y los cuerpos de normas han coordinado sus esfuerzos para armonizar los candidatos IMT-2000 y llegar a un juego más pequeño de normas de tercera generación.

La actividad de armonización más reciente fue iniciada por el Grupo de Armonización de Operadores (OHG), un grupo de operadores principales de todas partes del mundo que operan distintas variantes de sistemas de segunda generación (GSM, PDC, IS-136 e IS-95). El foco de las discusiones de este grupo ha estado en los sistemas de tercera generación basados en CDMA:

UTRA FDD y TDD, cdma2000 (dispersión directa y portador múltiple) y TD – SCDMA. La OHG fijó el marco en su primera reunión para las normas de tercera generación:

1. Deben haber tres modos de interfaces de radio basados en CDMA:

- CDMA de dispersión directa (DS);
- portador múltiple CDMA (MC); y
- duplex de división en el tiempo (TDD).

2. Deben haber dos tipos de núcleo de la red:

- Núcleos de la red basados en GSM, inclusive GSM en modo circuito y GPRS de conmutación por paquetes; y
- Núcleos de la red basados en ANSI-41, inclusive redes en modo circuito y de conmutación por paquetes.

3. Todos los modos de red de acceso de radio deben poder conectar a cualquiera de los tipos de núcleo de la red.

En la primavera de 1999, invitó la OHG a los principales fabricantes en la industria de las telecomunicaciones a participar en el debate, y en mayo de 1999 llegó la OHG y los fabricantes participantes a la conclusión de la discusión de armonización en una reunión en Toronto, Canadá, conviniendo en los siguientes sistemas de tercera generación basados en CDMA.

- El modo de dispersión directa CDMA debe estar basado en WCDMA (tal como se especifica en 3GPP), con algunas modificaciones de poca importancia en las especificaciones existentes (especificadas también por la 3GPP).
- La norma WCDMA debe incluir ganchos que hacen posible conectar WCDMA con redes basadas en ANSI-41.
- El modo de portador múltiple debe estar basado en el modo de portador múltiple cdma2000 (especificado por 3GPP2).
- Las especificaciones de portador múltiple cdma2000 deben incluir también ganchos que hacen posible conectar portadores múltiples cdma2000 a redes basadas en GSM.
- El modo TDD debe estar basado en el modo UTRA TDD – actualmente se está llevando a cabo trabajo para armonizar el modo UTRA TDD con el sistema chino TD-SCDMA.
- Las especificaciones TDD deben permitir conexiones a redes basadas en GSM y ANSI-41.

En resumen, las actividades de armonización resultaron en sólo una norma CDMA de tercera generación con tres modos: un modo de secuencia directa basado en WCDMA, un modo de portador múltiple basado en cdma2000, y un modo TDD basado en UTRA TDD, más una norma TDMA de tercera generación que se está desarrollando para EDGE/UWC-136. Los proyectos de normalización 3GPP y 3GPP2 están elaborando actualmente los detalles finales de los distintos modos CDMA de tercera generación.

Familia armonizada de Cuatro

La familia de normas de acceso de radio debe atender a cada espectro y escenario de migración para que los operadores puedan dar servicios de tercera generación. La principal tarea de armonizar los sistemas de acceso de radio de tercera generación para alcanzar este objetivo ha sido de reducir a un mínimo el número de técnicas distintas de interfaz de aire.

Siguiendo las propuestas tempranas de Ericsson, la industria y los procesos de normalización globales han establecido ahora un escenario de acceso de radio de tercera generación, que se denominan la familia armonizada de cuatro.

En breve, los criterios de espectro y migración dan cuatro categorías principales de requisitos incompatibles para normas de acceso de radio.

1. Espectro nuevo, o modificado, en bandas duplex pareadas para áreas que cubren servicios móviles de tercera generación. Esta categoría requiere una técnica de acceso de radio nueva y flexible que ha sido perfeccionada lo más posible para multimedia y que puede utilizar de forma más eficaz bandas de espectro nuevas o modificadas (por lo menos $2 \cdot 5$ MHz, preferiblemente $2 \cdot 15$ -20 MHz por operador). La técnica más apropiada para esto es la solución armonizada WCDMA que se está desarrollando por la 3GPP.
2. Espectro no pareado nuevo, o modificado. TDD es la única opción factible para bandas no pareadas.
3. Solución de migración de espectro TDMA. EDGE, que fue definido para apoyar la migración de bandas TDMA (ó GSM ó TDMA/136) hacia la comunicación móvil de tercera generación introduce modulación de alto nivel y técnicas de adaptación de enlace que estimulan de modo significativo las capacidades de tasa de bit de TDMA usando las mismas frecuencias. EDGE, en combinación con agregación de segmento de tiempo y conmutación por paquetes, llega a ser una herramienta especialmente eficaz para la migración de acceso de radio de tercera generación a los sistemas TDMA (GSM ó TDMA/136).
4. Solución de migración de espectro CDMA/IS-95. Para introducir servicios de banda ancha al espectro IS-95 existente, una solución de superposición de espectro utiliza o un portador de 1.25 MHz (1X) o tres portadores de 1.25 MHz (3X) para el enlace descendente. Esta estrategia de superposición de espectro permite que puedan coexistir servicios de segunda generación y de tercera generación en las mismas frecuencias.

Secuencia directa

WCDMA ha sido elegida como la tecnología básica de acceso de radio para UMTS/IMT-2000 en todas las áreas principales del mundo. Aparte de servicios de alta tasa de bit, la interfaz de radio WCDMA ofrece mejoramientos importantes sobre CDMA de banda estrecha de segunda generación, inclusive

- mejor cobertura y capacidad, gracias a mayor ancho de banda y mejor detección coherente de enlace ascendente;
- apoyo para traspaso entre frecuencias, lo que es necesario para estructuras de célula jerárquica de gran capacidad (HCS);
- apoyo para tecnologías de refuerzo de capacidad, tales como antenas adaptivas y detección de usuario múltiple; y
- un protocolo rápido y eficaz de acceso por paquetes. UTRA incluye los modos FDD y TDD. El modo FDD está basado en WCDMA puro, mientras que el modo TDD incluye un componente adicional TDMA según la propuesta TDC/CDMA. Este artículo enfoca en el modo puro FDD basado en WCDMA (UTRA/FDD).

Principios básicos de WCDMA.

Se han realizado extensas investigaciones sobre WCDMA en Europa desde hace casi una década. Un concepto WCDMA que cumplió con los requisitos de tercera generación fue desarrollado por primera vez en el proyecto RACE de Bancada de Pruebas de División de Códigos (CODIT) (1992 – 1995). El concepto CODIT sirvió también de base para las bancadas de pruebas de hardware que fueron usadas para evaluar y verificar el comportamiento de la tecnología WCDMA. Un ejemplo de hardware hecho según el concepto CODIT es la Bancada de Pruebas de Banda Ancha de Ericsson (WBTB).

La tecnología WCDMA fue refinada aún más al concepto FRAMES de Acceso Múltiple 2 (FMA2) desarrollado dentro del proyecto FRAMES. En marzo de 1997 se presentó el concepto FMA2 a ETSI como una tecnología candidato para UTRA. Dentro de ETSI se unió después la propuesta FMA2 con otras propuestas WCDMA al concepto ETSI Alpha. ETSI eligió por último el concepto Alpha basado en WCDMA como la tecnología principal para UTRA FDD. El trabajo de más refuerzos y refinaciones de UTRA continuó dentro de ETSI. El objetivo de este trabajo era de tener una descripción completa del interfaz de radio redactada para fines de 1998. Desde principios de 1999 ha continuado la normalización de WCDMA dentro de 3GPP, cuya tarea es de especificar un sistema de tercera generación con la red de acceso de radio UTRA conectada a un núcleo de la red basado en GSM.

Descripción de WCDMA

Un examen detallado de las partes de radio de WCDMA muestra que se deben normalizar varios interfaces y divisiones funcionales. Una comparación de la arquitectura WCDMA con la de GSM muestra que la red UTRA (UTRAN) corresponde al subsistema de estaciones base (BSS). El interfaz Iu entre UTRAN y el núcleo de la red corresponde del mismo modo al interfaz A en GSM (interfaz Gb en GPRS). El interfaz Iub corresponde al interfaz A". El interfaz Iur entre los controladores de red de radio, que apoya la funcionalidad de traspaso condicionado, es nuevo. Y finalmente tenemos el interfaz de aire entre la estación base y el terminal.

Los diseñadores pueden formar un sistema cuyas características cumplen con los requisitos de tercera generación, siguiendo de la premisa de que un interfaz de radio debe basarse en WCDMA de secuencia directa. Las características claves puestas de relieve en WCDMA son comportamiento mejorado, un alto grado de flexibilidad de servicio, y un alto grado de flexibilidad de operador. Con comportamiento mejorado queremos decir capacidad mejorada, cobertura mejorada, y servicios de tercera generación de instalaciones de segunda generación. Con flexibilidad de servicio queremos decir apoyo de una amplia gama de servicios con tasas máximas de bit que sobrepasan 2 Mbit/s, la capacidad de dar servicios múltiples en una conexión, y un modelo rápido y eficaz de acceso por paquetes. Y con flexibilidad de operador queremos decir apoyo para operación asíncrona entre estaciones base (lo que resulta en una instalación más fácil en muchos ambientes), apoyo eficaz para distintos escenarios de instalación, inclusive estructuras de célula jerárquicas en puntos problemáticos, y apoyo para tecnologías evolutivas, tales como arreglos adaptables de las antenas y detección de usuario múltiple.

Como se destacó arriba, la norma WCDMA debe contener los ganchos necesarios para refuerzos futuros de comportamiento, tales como la introducción de soluciones de antenas inteligentes. Esto es apoyado por información piloto específica al usuario, que es usada para haz de antena directa al usuario final.

Para facilitar la estimación de canal en la terminal, usa cada conexión un modelo de antena distinto, que es parte del canal. Otros detalles importantes en la capa física son los mandos de control de transmisión de potencia (TPC), y el indicador de combinación de formato de transporte (TFCI). Nota: Aun cuando no es necesario para el enlace ascendente, se incluye el TPC tanto en el enlace ascendente como en el enlace descendente, ya que mejora el comportamiento del enlace descendente. El TFCI facilita el apoyo para tasa variable rápida, dando mejor flexibilidad.

Otra característica importante es el apoyo de estructuras de célula jerárquicas. Las dos capas de células operan en dos frecuencias separadas en un escenario HCS. En CDMA suele ser continua la transmisión y la recepción sin tiempo para mediciones entre frecuencias. Esto implica que no se da apoyo de medición para decisiones de traspaso. Para sobrepasar este problema se ha introducido una característica de modo comprimido. Por medio de esta técnica se comprimen los datos -básicamente duplicando la potencia y reduciendo el factor de dispersión con la mitad- lo que crea una separación libre en tiempo para hacer mediciones.

Ganchos y extensiones

Las especificaciones iniciales de WCDMA de la 3GPP (antes del acuerdo OHG) exigió una información piloto multiplexador de tiempo un sistema CDMA con una tasa de chip de 4.096 Mcps para todos los canales físicos. El acuerdo OHG estipula sin embargo que el modo DS (WCDMA) debe tener una tasa de chip de 3.84 Mcps, para permitir una implementación más fácil de terminales bisistema DS y MC. El argumento es que si la tasa de chip de los dos modos tiene una diferencia de menos de 5 %, que entonces ser. más fácil de usar la misma cadena de frecuencia de radio en ambos modos.

La OHG estipula también que el modo DS debe tener un piloto común multiplexador de código. Para las células que no tienen antenas inteligentes o que no usan sistemas sofisticados de transmisión de diversidad, se dice que el piloto común multiplexador de código sobrepasa el rendimiento del piloto común multiplexador de tiempo.

Estas modificaciones (tasa de chip y piloto común) han sido incorporadas a las propuestas más recientes de las especificaciones 3GPP. Como se ha mencionado anteriormente, debe ser posible conectar el interfaz de radio WCDMA a una red ANSI-41.

La conexión de WCDMA a una red GSM . a una red ANSI-41 debe usar los protocolos de radio definidos en 3GPP. Hasta ahora, sin embargo ha definido 3GPP sólo una conexión de núcleo de la red WCDMA a GSM. Por consiguiente se pueden necesitar algunos ganchos (modificaciones de) y extensiones (adiciones) a los protocolos de radio WCDMA para garantizar que todos los servicios y la funcionalidad en una red ANSI-41 pueden ser usados junto con la interfaz de radio WCDMA. Estos ganchos y extensiones han sido identificados, y el trabajo de especificarlos está bien en marcha en 3GPP y 3GPP2 (la terminación se espera en marzo del 2000). Los ganchos a protocolos WCDMA deben ser incorporados en la propuesta 1999 de las especificaciones WCDMA; las extensiones pueden añadirse a propuestas posteriores. El control de llamadas (CC) y la gestión de movilidad (MM) se toman de GSM al conectar a una red GSM, y de IS-634 al conectar con una red ANSI-41.

EDGE

EDGE Dos de las normas principales de segunda generación, GSM y TDMA/136, han formado las bases de las cuales ofrecemos un acceso de radio global común para servicios de datos. Al explotar una capa física común (EDGE), sigue cada norma el mismo camino de migración hacia dar servicios de tercera generación.

EDGE es actualmente objeto de normalización, la primera fase de la cual estará terminada hacia fines de 1999, seguida por una segunda fase en el año 2000. EDGE da tasas de bit y eficacia espectral mucho más altas al comparar con los servicios de datos disponibles actualmente de GSM y TDMA/136.

EDGE fue propuesto por primera vez a ETSI a principios de 1997, como un medio de evolucionar GSM. EDGE reutiliza el ancho de banda y la estructura de segmento de tiempo de GSM y da una manera eficaz de aumentar las tasas de bit, facilitando así la evolución de sistemas celulares existentes hacia capacidades de tercera generación.

Al desarrollar su tecnología inalámbrica de tercera generación, optó la comunidad TDMA/136 por basar su propuesta en la evolución de sistemas de segunda generación. El Consorcio Universal de Comunicaciones Inalámbricas (UWCC) adoptó en enero de 1998 a EDGE como el componente exterior del interfaz de radio de Alta Velocidad 136 para dar servicios de datos de 384 kbit/s. Los argumentos en favor de este enfoque son que la tecnología se aplica tanto a los sistemas GSM como TDMA/136 y que prepara el camino para la globalización. EDGE ha sido desarrollada desde entonces al mismo tiempo por ETSI y la UWCC para garantizar un alto grado de sinergia para GSM y TDMA/136 de la misma forma.

El mapa del camino de la normalización de EDGE muestra dos fases. Inicialmente se hará hincapié en GPRS (EGPRS) reforzado y datos en modo circuito reforzados (ECSD). ETSI permitió la publicación de normas para estas tecnologías desde 1999. Poco después aparecieron productos. La segunda fase de la normalización, que según los planes se publicó en el año 2000, definió los mejoramientos para multimedia y servicios de tiempo real. Otros objetivos van a incluir la alineación de servicios con el sistema universal de telecomunicaciones móviles (UMTS) y la evolución hacia una red de acceso de radio que es independiente del núcleo de la red (CN) y que permitirá a EDGE y UMTS de compartir un núcleo de la red común.

EDGE fase 1

EDGE fase 1 trata principalmente con el mejoramiento del interfaz de radio. Sin embargo, en un contexto más general, puede ser considerado también como un concepto de sistema que permite que las redes de acceso de radio GSM y TDMA/136 ofrezcan un juego de nuevos portadores de acceso de radio a sus núcleos de la red. Una característica fundamental de los sistemas celulares es que, en términos de relación de señal a interferencia (SIR), distintos usuarios finales tienden a experimentar una calidad de canal distinta debido a diferencias en distancia a la estación base, desvanecimiento e interferencia. La Figura G-1 muestra una distribución típica de calidad de canal en un sistema. Se debe tomar nota de que una gran parte de la población experimenta un SIR excesivo; o sea, una excelente calidad de canal de la cual no pueden obtener beneficios usando servicio tradicional, tal como voz. Así vemos que hay lugar para mejorar la eficacia espectral.

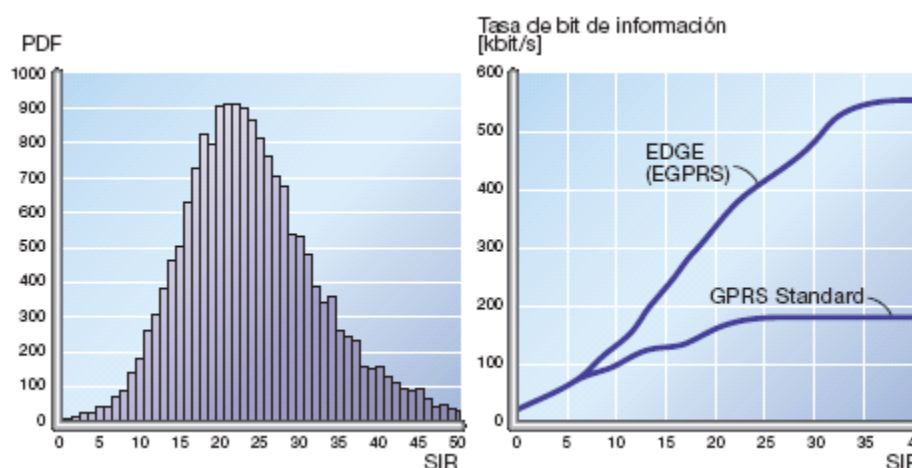


Figura G-1 Distribución típica de canal(izquierda) y, dado un terminal de ocho segmentos (derecha), calidad de usuario percibida en términos de tasa de bit para EDGE y GPRS estándar

Parámetros básicos del interfaz de radio

La interfaz de aire EDGE está destinado a facilitar tasas de bit más altas que las que se pueden alcanzar actualmente en los sistemas celulares. Para aumentar la tasa de bit total se introduce modulación lineal de alto nivel. El sistema de modulación de manipulación por desplazamiento de ocho fases fue elegido por sus altas tasas de datos, alta eficacia espectral e implementación moderadamente compleja.

La modulación de manipulación por desplazamiento mínimo Gaussiana (GMSK) definida en GSM es también parte del concepto de sistema EDGE. La tasa de símbolos de cada modulación es de 271 kpsps, lo que da una tasa de bit total por segmento de tiempo (inclusive dos señalizaciones por robo de bit por ráfaga) de 22.8 kbit/s para GMSK y 69.2 kbit/s para 8PSK. La forma del impulso 8PSK es GMSK linealizada, lo que significa que 8PSK encaja en la máscara de espectro GSM.

Muchos parámetros de capa física EDGE son idénticos a los de GSM. El espaciamiento de portador es de 200 kHz, y la estructura de trama TDMA de GSM no está cambiada. El formato de ráfaga 8PSK es además similar: una ráfaga incluye una secuencia de entrenamiento de 26 símbolos en el medio, 3 símbolos de cola en cada extremo y 8.25 símbolos de guardia en un extremo. Cada ráfaga lleva 2.58 símbolos de datos, cada uno de los cuales está compuesto de tres bit.

Diseño de protocolo de radio

La estrategia de protocolo de radio EDGE reutiliza los protocolos de GSM y GPRS. Esto reduce al mínimo la necesidad de implementar nuevos protocolos. Sin embargo, y debido a las tasas de bit más altas, se han modificado algunos protocolos para mejorar el comportamiento lo más posible. El concepto EDGE incluye un modo de conmutación por paquetes (EGPRS) y un modo circuito (ECSD).

Transmisión de conmutación por paquetes EGPRS

La norma actual GSM/GPRS apoya tasas de datos de 11.2 a 22.8 kbit/s por segmento de tiempo. EGPRS, por contraste, permitirá tasas de datos de 11.2 a 59.2 kbit/s por segmento de tiempo, lo que en una configuración de segmentos múltiples da una tasa de datos de bien por encima de 384 kbit/s.

Debido a la tasa de bit más alta y la necesidad de adaptar la protección de datos a calidad de canal, está algo cambiado el control de enlace de radio EDGE (RLC) del protocolo correspondiente GPRS. Los cambios principales implicaron un mejoramiento del sistema de control de calidad de enlace. El control de calidad de enlace es, como se ha mencionado arriba, un término común para técnicas que adaptan la robustez del enlace de radio a calidad de canal variable.

Ejemplos de técnicas de control de calidad son adaptación de enlace y redundancia incremental. Un sistema de adaptación de enlace estima con regularidad la calidad de enlace y elige la modulación y el sistema de modulación más apropiados para transmisiones próximas, para llevar al máximo la tasa de bit de usuario. La redundancia incremental es otra manera de hacer frente a variaciones en la calidad del enlace. Según este sistema se envía información inicialmente con muy poca codificación, lo que si la descodificación tiene éxito inmediato, da una alta tasa de bit. Si falla la descodificación se envían bits codificados adicionales (redundancia) hasta que la descodificación tenga éxito. Más codificación significa una tasa de bit más baja y un mayor retardo. EGPRS apoya un sistema combinado de adaptación de enlace y de redundancia incremental, en el que la tasa inicial de código para redundancia incremental está basada en mediciones de calidad de enlace. Los beneficios de este enfoque son robustez y alto caudal de proceso y transferencia de la operación de redundancia incremental en combinación con retardos más cortos y requisitos de memoria reducidos.

Transmisión en modo circuito – ECSD

La norma actual GSM apoya portadores de acceso de radio transparentes y no transparentes. Se han definido ocho portadores transparentes, ofreciendo tasas de bit constantes en la gama de 9.6 a 64 kbit/s. Un portador no transparente emplea un protocolo de enlace de radio para asegurar una entrega de datos casi sin errores. Ocho portadores ofrecen tasas máximas de bit de usuario que van de 4.8 a 57.6 kbit/s. La tasa de bit de usuario actual puede variar según la calidad del canal y la tasa resultante de retransmisión.

La introducción de EDGE no afecta las definiciones de portador; o sea que las tasas de bit permanecen sin cambios. Sin embargo, la manera en que se realizan los portadores, en términos de sistemas de codificación de canal, es nueva. Por ejemplo, con EDGE se puede realizar un portador no transparente de 57.6 kbit/s con dos segmentos de tiempo, mientras que el mismo

portador requiere cuatro segmentos de tiempo con GSM standard (usando el sistema de codificación TCH/F14,4). Así la transmisión EDGE en modo circuito da portadores de tasa de bit más alta usando menos segmentos de tiempo.

EDGE fase II

El foco principal de EDGE fase II se encontrará en servicios de tiempo real entregados por medio del protocolo Internet (IP); por ejemplo, voz por IP (VoIP). La introducción de estos servicios tendrá un impacto en el acceso de radio, la arquitectura del sistema, y el núcleo de la red. Así evolucionará una red de núcleo único para el acceso de radio UTRA y EDGE.

Portador múltiple

La especificación cdma2000 contenía originalmente las variantes 1X, 3X y dispersión directa. Después de que se haya terminado el trabajo e armonización, se basará el portador múltiple global de dispersión directa en WCDMA, poniendo así un fin al trabajo en cdma2000 DS. Esencialmente se especifican 1X y 3X de manera tal que es posible añadir una solución de superposición de espectro.

Para usar la superposición de espectro en servicios actuales IS-95, debe reutilizar la solución muchas de las capas bajas de IS-95. La señal de portador múltiple (1X, 3X) debe mantener también la ortogonalidad a los portadores IS-95 en el enlace descendente. Se usa un portador de 1.25 MHz para 1X. Sin embargo se han reforzado varios aspectos de 1X para que sean más apropiados a los servicios de tercera generación.

El uso de 3X triplica las capacidades de ancho de banda de alcanzar las tasas de bit más altas que se proyectan para el acceso de radio de tercera generación.

Esto se lleva a cabo con multidifusión de la señal de banda ancha en tres portadores de 1.25 MHz en el enlace descendente. Para evitar una complejidad de terminal innecesaria asociada con la transmisión de estos portadores, se usa también dispersión directa para el enlace ascendente 3X.

En contraste con el modo de dispersión directa, el modo de portador múltiple no usa un portador CDMA de banda ancha en el enlace descendente. Los datos se convierten en vez de serial a paralelo y se transmiten en varios portadores paralelos de banda estrecha CDMA, cada uno de los cuales tiene las mismas características que un portador IS-95 de segunda generación.

La transmisión de enlace descendente de portador múltiple facilita la superposición de un sistema de tercera generación encima de un sistema de segunda generación IS-95. Aun cuando sea un poco menos eficaz que el modo de dispersión directa, el modo de portador múltiple a los operadores de IS-95 con espectro limitado de ofrecer servicios de tercera generación (operadores que no pueden asignar de forma exclusiva una parte de su espectro a servicios de tercera generación).

El enlace ascendente del modo de portador múltiple es similar al enlace ascendente del modo de dispersión directa; o sea, que usa un portador de banda ancha. Sin embargo, comparando con el modo de dispersión directa, el enlace ascendente del modo de portador múltiple usa una tasa de chip algo más baja para corresponder con la tasa de chip del enlace descendente del portador múltiple.

El modo 1X es banda estrecha evolucionada IS-95 con ancho de banda de 1.25 MHz. La operación regular del modo de portador múltiple usa tres portadores en paralelo (3X), lo que corresponde a un ancho de banda de 3.75 MHz aproximadamente. Sin embargo se pueden normalizar también otros modos (6X, 9X, 12X) con aumentos correspondientes en ancho de banda.

Debido a que cada portador del enlace descendente del portador múltiple debe tener las mismas características que un portador de enlace descendente IS-95, se necesita una estrecha sincronización entre células, típicamente por medio de recepción de satélite de posicionamiento global (GPS). Esto no se aplica al modo de dispersión directa, que está basado en WCDMA asíncrono.

El modo de dispersión directa consiste de portadores CDMA de banda ancha en el enlace ascendente y en el enlace descendente. El modo de portador múltiple consiste de un portador CDMA de banda ancha en el enlace ascendente y numerosos portadores paralelos de banda estrecha CDMA en el enlace descendente. La tasa de chip de los portadores en el enlace descendente del portador múltiple es idéntica a la de IS-95. La tasa de chip de los portadores en el enlace ascendente del portador múltiple es exactamente tres veces la de los portadores de enlace descendente.

TDD

En los modos WCDMA, portador múltiple, y EDGE, se separan los enlaces ascendentes y los enlaces descendentes por medio de una división de frecuencia. Sin embargo, en el modo duplex de división de tiempo se separa el enlace ascendente del enlace descendente por medio de división de tiempo. Por consiguiente, en el modo TDD se necesita sólo una banda de frecuencia para llevar el tráfico tanto de enlace ascendente como de enlace descendente. Este modo de operación es útil ya que el espectro no pareado se encuentra todavía disponible en algunas partes del mundo, principalmente en Europa. Por supuesto que se prefiere un espectro pareado, ya que apoya asignaciones FDD. Pero ya que puede ser difícil encontrar asignaciones globales de espectro pareado, es probable que se identificarán segmentos adicionales no pareados en el futuro.

Los parámetros principales de radio y las características espectrales de TDD, aparte de la capa física, son los mismos que para WCDMA FDD. Debido a que el enlace ascendente y el enlace descendente están separados en el dominio de tiempo en vez de en el dominio de frecuencia, se necesitan estaciones base sincronizadas para gestionar quien puede transmitir, y cuando. De lo contrario resulta en severa interferencia.

Cada trama de radio está dividida en ocho segmentos de tiempo, cada uno de los cuales lleva un número de canales superpuestos separados por medio de técnicas de división de códigos. El modo TDD comparte así características de TDMA y CDMA. A cada segmento se le asigna una dirección para tráfico de enlace ascendente o tráfico de enlace descendente. Sin embargo, la asignación de segmentos no está predefinida. Algo de flexibilidad es inherente en el modo TDD para acomodar servicios asimétricos. Por ejemplo, si se espera la mayor parte del tráfico en el enlace descendente, entonces se puede asignar la mayor parte de los segmentos al enlace descendente.

Se estima la respuesta de canal. Estos y otros parámetros importantes están diseñados para facilitar las técnicas de detección de usuario múltiple para tener mejor comportamiento. En términos de tasas de bit, método de conmutación (paquete o modo circuito), asimetría, etc. son los mismos los servicios básicos del modo TDD que para el modo WCDMA FDD. Aun cuando no tenga limitaciones inmediatas incorporadas, el modo TDD es mejor apropiado para células pequeñas (pico o micro) con dispersión de retardo moderada (Aclaratorio D).

-
- [1] "Advanced Digital Communications"
Dr. kmilo Feher.
Prentice hall.
1987
 - [2] "Digital Communications; fundamentals and applications"
Bernard Sklar
1988
 - [3] "Mobile Radio Networks; networking, protocols and traffic performance"
Bernhard H Walke
2da Edición 2002
 - [4] "GSM system survey"
EN/LZT 123 3321 R3A
Ericsson, 2001
 - [5] "AXE Enabler"
LZU 108 5933
Eicsson, 2002
 - [6] "Digital cellular telecommunications system (Phase 2+)General Packet Radio Service (GPRS) Service description Stage 2"
EN 301 344 V7.4.1
ETSI, 2000
 - [7] "GSM Evolution toward 3rd Generation Systems"
Zoran Zounar
Peter Jung
Karl Kammer Lander
 - [8] "GSM BSC operation"
EN/LZT 123 3801
Ericcson, 2002
 - [9] "Gsm Cell Planning Principles"
EN/LZT 123 3314 R4A
Ericsson, 2000
 - [10] "Empirical formula for propagation loss in land mobile radio services," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 29
M. Hata
 - [11] "GSM RBS 2000"
EN/LZT 123 3805 R3A
Ericsson, 2000
 - [12] "OMT's user manual"
LZN 302 01 R5A
Ericsson, 2004
 - [13] "Instrucciones Generales de instalación RBS 2000"
LZBC 101 42
Ericsson, 2004

www.ericsson.com
www.telcel.com.mx
www.telefonica.com.mx
www.3gpp.org
www.umtsworld.com
www.gsmworld.com
www2.rad.com/networks/1994/fram_rel/frame.htm
www.dcbnet.com/notes/framerly.html
http://telecom.tbi.net/t1_frm.html
<http://telecom.tbi.net/dighier1.html>
<http://telecom.tbi.net/mux1.html>
<http://telecom.tbi.net/pcm1.html>
http://jhunix.hcf.jhu.edu/~tnaugler/770.512/Common_files/CircuitSwitching/CircuitSwitching.htm