

**ANALISIS Y DISEÑO DE UNA RED DE TERCERA GENERACION BASADA EN cdma2000
PARA LA CIUDAD DE POPAYAN**



**JAIRO ERNESTO FUENTES ORDOÑEZ
LUIS FERNANDO ZABALA PINZON**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE TRANSMISION
GRUPO NUEVAS TECNOLOGIAS EN TELECOMUNICACIONES
POPAYAN
2001**

**ANALISIS Y DISEÑO DE UNA RED DE TERCERA GENERACION BASADA EN cdma2000
PARA LA CIUDAD DE POPAYAN**

**JAIRO ERNESTO FUENTES ORDOÑEZ
LUIS FERNANDO ZABALA PINZON**

**Monografía presentada como requisito para obtener el título de Ingeniero en Electrónica
y Telecomunicaciones**

**Director:
Ing. Mag. Giovanni López Perafán**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE TRANSMISION
GRUPO NUEVAS TECNOLOGIAS EN TELECOMUNICACIONES
POPAYAN
2001**

Agradezco a mis padres y a mi hermano su apoyo incondicional, a mis compañeros por los momentos gratos que compartimos en la vida universitaria y principalmente a Dios por darme un apoyo espiritual muy grande.

Jairo Ernesto

A Dios por por darme la fortaleza y la capacidad para alcanzar mis metas.
A mis padres y a mi familia por todo el apoyo y la confianza brindados.
a mis compañeros por los momentos agradables que pase con ellos en la universidad.

Luis Fernando

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION

1. GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE TERCERA GENERACIÓN	1
1.1. IMT-2000: LA PROXIMA GENERACION INALÁMBRICA	1
1.2. DEFINICION DE IMT-2000	5
1.3. SERVICIOS ESPERADOS DE IMT-2000	7
1.4. FRECUENCIA PARA IMT-2000	7
1.5. TERCERA GENERACION	8
1.5.1. Definición de 3G	8
1.5.2. Tecnologías de 3G	9
1.5.3. Panorama mundial de 3G	10
1.5.4. Debate de estándares de 3G	16
1.5.5. Aplicaciones y servicios	17
2. EVOLUCION DE 2G A 3G	20
2.1 TECNOLOGIAS DE SEGUNDA GENERACION	21
2.1.1. ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE TIEMPO TDMA/IS-136	21
2.1.2. SISTEMA GLOBAL PARA COMUNICACIONES MOVILES GSM	23
2.1.3. ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE CODIGO CDMA	24
2.2. TECNOLOGIAS PARA LA EVOLUCION HACIA 3G	26
2.2.1. SERVICIO GENERAL DE RADIO MODO PAQUETE GPRS	26
2.2.2. VELOCIDADES DE DATOS MEJORADAS PARA EVOLUCION GLOBAL EDGE	28
2.2.3. ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE CODIGO EN BANDA ANCHA WCDMA	29
2.2.4. cdma2000 1x	30

2.2.5. cdma2000 1xEV	30
2.3 OPCIONES PARA LA EVOLUCION HACIA 3G	31
2.3.1. CAMINO DE MIGRACION PARA LOS OPERADORES GSM	32
2.3.1.1. Servicios generales de radio modo paquete	32
2.3.1.2. Velocidades de datos mejoradas para evolución global	33
2.3.1.3. Servicio de telefonía móvil universal	34
2.3.2. CAMINO DE MIGRACION PARA OPERADORES DE TDMA/IS-136	35
2.3.3. CAMINO DE MIGRACION PARA LOS OPERADORES cdmaOne	37
2.3.3.1. cdmaOne/IS-95-A	37
2.3.3.2. cdmaOne/IS-95-B	37
2.3.3.3. cdma2000 1x	38
2.3.3.4. cdma2000 1x EV-DO	38
2.4 cdma2000 1x COMO UNA ALTERNATIVA PARA LOS OPERADORES TDMA/IS-136	39
2.5 CDMA Vs GSM	41
2.5.1. COMPARACION EN CUANTO A COBERTURA	41
2.5.2. COMPARACION EN CUANTO A LA CALIDAD DE SERVICIO	41
3. ARQUITECTURA DE UNA RED DE TERCERA GENERACION cdma2000	45
3.1 CENTRO DE CONMUTACION MOVIL MSC	45
3.1.1. GENERALIDADES DEL MSC	46
3.1.1.1. Sistema de control de dispersión	46
3.1.1.2. Sistema de operación de procesamiento en Paralelo	47
3.1.1.3. Sistema de gestión de la base de datos DBMS	47
3.1.1.4 Redundancia	47
3.1.2. CARACTERISTICAS PRINCIPALES	48
3.1.2.1. Sistema e interfaz de la red	48
3.1.2.2. Enrutamiento e itinerancia con otro proveedor de servicio	48
3.1.2.3. Procesamiento de handoff	49

3.1.2.4. Autenticación y encriptación	49
3.1.2.6. Otras funciones	49
3.1.3. ARQUITECTURA DEL MSC	50
3.1.3.1. Subsistema de acceso de conmutación ASS	50
3.1.3.2. Subsistema de interconexión de red INS	50
3.1.3.3. Subsistema de control central CCS	50
3.1.3.4. Subsistema de registro de localización LRS	51
3.2. REGISTRO DE UBICACION LOCAL Y CENTRO DE AUTRENTICACION HLR/AuC	51
3.2.1. CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL HLR/AuC	52
3.2.1.1. Registro de notificación	52
3.2.1.2. Registro de cancelación	52
3.2.1.3. Procesamiento de llamada	52
3.2.1.4. Función de selección del sistema de direccionamiento de la red NDSS	53
3.2.1.5. Gestión de información de identidad de estación móvil internacional IMSI.	53
3.2.1.6. Función de autenticación y encriptación	54
3.2.1.7. Función de gestión de seguridad	54
3.2.2. ESTRUCTURA DEL HLR/AuC	55
3.2.2.1. Procesador principal del HLR, HLP	55
3.2.2.2. Procesador de operación y mantenimiento OMP	55
3.2.2.3. Hardware	56
3.2.2.4. Software	57
3.3. CONTROLADOR DE LA ESTACION BASE BSC	58
3.3.1. GENERALIDADES DEL BSC	59
3.3.1.1. Métodos de compresión	59
3.3.1.2. Red ATM	60

3.3.1.3. Estructura modular	60
3.3.1.4. Construcción económica de la red	60
3.3.1.5. Operación del sistema	60
3.3.2. CARACTERISTICAS PRINCIPALES.	61
3.3.2.1. Control de la BTS	61
3.3.2.2. Codificador de voz	61
3.3.2.3. Supresión de eco	61
3.3.2.4. Control de potencia	62
3.3.3. ARQUITECTURA DEL BSC	62
3.3.3.1. Red de conmutación ATM, GAN	62
3.3.3.2. Procesador principal de la GAN, GAP	62
3.3.3.3. Procesador de interfaz de radio modo paquete RPP	63
3.3.3.4. Red de conmutación ATM del BSC, BAN	63
3.3.3.5. Procesador principal del BSC, BMP	64
3.3.3.6. Procesador de la interfaz de radio ATP	64
3.3.3.7. Banco de transcodificación TCB	64
3.3.3.8. Bloque de sincronización de la red NSB	64
3.3.3.9. Bloque de recolección de alarmas hardware HAB	65
3.4. ESTACION BASE BTS	65
3.4.1. GENERALIDADES DE LA BTS	65
3.4.1.1. Características avanzadas	65
3.4.2. CARACTERISTICAS PRINCIPALES	66
3.4.2.1. Interfaz inalámbrica IS-2000	67
3.4.2.2. Función de agrupación del canal	67
3.4.2.3. Procesamiento de llamada de datos	68
3.4.3. ARQUITECTURA DE LA BTS	68
3.4.3.1. Bloque de control de la BTS, BCB	68

3.4.3.2. Bloque de elemento del canal CEB	68
3.4.3.3. Bloque transceptor TRB	69
3.4.3.4. Bloque de radio frecuencia RF	69
3.4.4. DISPOSITIVOS AUXILIARES	70
3.4.4.1. Unidad de pruebas de la BTS, BTU	70
3.4.5. SEÑAL PILOTO INTERMITENTE	71
3.4.7. MONITOR DE DIAGNOSTICO DM	73
3.5. NUCLEO DE LA RED DE DATOS DCN	74
3.5.1. CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL DCN	74
3.5.1.1. Servicio de datos de alta velocidad	74
3.5.1.2. Conexión a internet e intranet	74
3.5.1.3. Servicio de red privada virtual VPN	74
3.5.1.4. Autenticación PPP	74
3.5.1.5. Funciones de carga	75
3.5.1.6. Compresión de paquetes	75
3.5.1.7. Aprovisionamiento del servicio	75
3.5.2. CONFIGURACION BASICA DEL DCN	75
3.5.2.1. Nodo servidor de paquetes de datos PDSN	75
3.5.2.2. Nodo compuerta de paquetes de datos PDGN	76
3.5.2.3. Compuerta del enrutador	76
3.5.2.4. Autorización, autenticación y contabilidad AAA	76
3.5.2.5. Sistema de gestión de red NMS	76
3.6. INTERFACES ENTRE SISTEMAS DE UNA RED cdma2000	76
3.6.1. INTERFAZ ENTRE EL MSC Y LA PSTN	77
3.6.2. INTERFAZ ENTRE DOS MSCs	77
3.6.3. INTERFAZ ENTRE EL MSC Y EL HLR	77
3.6.4. INTERFAZ ENTRE EL MSC y EL BSC	78

3.6.5. INTERFAZ ENTRE EL BSC Y EL DCN (PDSN)	78
3.6.6. INTERFAZ ENTRE BSCs	78
3.6.7. INTERFAZ ENTRE EL BSC y LA BTS	78
3.6.8. INTERFAZ ENTRE LA BTS y LA MS	78
4. INTERFAZ DE RADIO cdma2000	80
4.1. CARACTERISTICAS DE cdma2000	80
4.1.1. SERVICIOS MULTIMEDIA	80
4.1.2. COMPATIBILIDAD DEL SERVICIO	81
4.2.2.1. Compatibilidad hacia atrás	81
4.2.2.2. Compatibilidad hacia adelante	82
4.1.3. ECONOMIA Y EFICIENCIA	82
4.1.4. REPARACION Y MANTENIMIENTO	82
4.1.4.1. Estructura modular del sistema	83
4.1.4.2. Función de reconocimiento automático de configuración	83
4.1.4.3. Función de control de monitoreo remoto	83
4.1.4.4. Función de diagnóstico en el trayecto de una llamada	84
4.2. FUNCIONES DE cdma2000	84
4.2.1. PROCESAMIENTO DE LLAMADA	84
4.2.1.1. Procedimiento básico	84
4.2.1.2. Proceso de llamada entre abonados móviles	85
4.2.1.2.1. Procedimiento de llamada saliente	85
4.2.1.2.2. Procedimiento de conexión de una llamada entrante	86
4.2.1.3. Procesamiento de llamada entre un abonado móvil y un abonado fijo	87
4.2.1.3.1. Procesamiento de llamada desde un móvil hacia un abonado Fijo	87
4.2.1.3.2. Procesamiento de llamada desde un abonado fijo hacia	

un móvil	88
4.2.2. SISTEMA DE NUMERACION	88
4.2.2.1. Identificación de abonado móvil internacional IMSI	88
4.2.2.2. Código móvil del país MCC	89
4.2.2.3. Identificación de estación móvil nacional NMSI	89
4.2.2.4. Código de la red móvil MNC.	89
4.2.2.5. Número de identificación del móvil MIN	89
4.2.2.6. Información adicional al número de abonado	89
4.2.3. AUTENTICACION Y ENCRIPCIÓN	90
4.2.4. REGISTRO DE LOCALIZACIÓN	91
4.2.5. CONTROL DE ADMISIÓN DE LLAMADA	93
4.2.5.1. Control de admisión de llamada de voz	93
4.2.5.2. Control de admisión de llamada de datos	94
4.2.6. CODIFICADOR DE VOZ	95
4.2.7. FUNCIONES Y TIPOS DE CANALES cdma2000	95
4.2.7.1. CANALES HACIA ADELANTE cdma2000	95
4.2.7.1.1. Canal piloto hacia adelante F-PICH	95
4.2.7.1.2. Canal de sincronización hacia adelante F-SYNC	95
4.2.7.1.3. Canal de búsqueda hacia adelante F-PCH	96
4.2.7.1.4. Canal de control genérico hacia adelante F-CCCH	96
4.2.7.1.5. Canal de difusión BCCH	96
4.2.7.1.6. Canal de búsqueda rápida QPCH	96
4.2.7.1.7. Canal de asignación genérico CACH	96
4.2.7.1.8. Canal de control de potencia genérico CPCH	97
4.2.7.1.9. Canal fundamental hacia adelante F-FCH	97
4.2.7.1.10. Canal de control dedicado hacia adelante F-DCCH	97
4.2.7.1.11. Canal suplementario hacia adelante F-SCH	97

4.2.7.2. CANALES HACIA ATRAS DE cdma2000	98
4.2.7.2.1. Canal piloto hacia atrás R-PICH	98
4.2.7.2.2. Canal de acceso ACH	98
4.2.7.2.3. Canal de acceso mejorado EACH	98
4.2.7.2.4. Canal de control genérico hacia atrás R-CCCH	98
4.2.7.2.5. Canal de control dedicado hacia atrás R-DCCH	98
4.2.7.2.6. Canal fundamental hacia atrás R-FCH	99
4.2.7.2.7. Canal suplementario hacia atrás R-SCH.	99
4.2.8. CONTROL DE POTENCIA	99
4.2.8.1. Control de potencia del enlace hacia adelante	99
4.2.8.1.1. Control rápido de potencia hacia adelante	100
4.2.8.1.2. Control de potencia de enlace externo	100
4.2.8.2. Control de potencia del enlace hacia atrás	100
4.2.8.2.1. Control de potencia de enlace abierto	101
4.2.8.2.2. Control de potencia de enlace cercano	101
4.2.8.2.3. Control de potencia de enlace externo	101
4.2.8.3. Control de potencia para llamada de datos	101
4.2.8.3.1. Control de Potencia FCH	102
4.2.8.3.2. Control de potencia SCH/DCCH	102
4.2.9. HANDOFF	102
4.2.9.1. Tipos de handoff	103
4.2.9.1.1. Handoff suave mejorado	103
4.2.9.1.2. Handoff forzado mejorado	104
4.2.9.1.3. Handoff latente entre PDSN	104
4.2.10. SERVICIO DE DATOS DE ALTA VELOCIDAD MODO PAQUETE	104
4.2.10.1. IP simple e IP móvil	104
4.2.10.2. Control de asignación del canal	105

4.2.11. FUNCION DE BUSQUEDA	105
4.2.11.1. Búsqueda Rápida	105
4.2.12. DIVERSIDAD	105
4.2.12.1. Diversidad hacia atrás	106
4.2.12.2. Diversidad hacia adelante	106
4.2.13. NUEVOS SERVICIOS	106
4.2.13.1. Servicio de asignación del canal y prioridad de acceso PACA	106
4.2.13.2. Servicio por zonas	107
4.2.13.3. Spot beam	108
4.3. FUNCIONES Y SERVICIOS AUXILIARES	109
4.3.1. Funciones auxiliares	109
4.3.1.1. Control de protocolo DTMF	109
4.3.1.2. Control auxiliar remoto	109
4.3.2. SERVICIOS AUXILIARES	110
4.3.2.1. Conferencia telefónica CC	110
4.3.2.2. Búsqueda de acceso móvil MAH	110
4.3.2.3. Alerta flexible FA	110
4.3.2.4. Aceptación de llamada selectiva SCA	110
4.3.2.5. Acceso del PIN de abonado SPINA	111
4.3.2.6. Intercepción del PIN de abonado SPINI	111
4.3.2.7. Servicio de correo y fax FMS	111
5. DISEÑO DE UNA RED DE TERCERA GENERACION BASADA EN cdma2000 PARA LA CIUDAD DE POPAYAN	112
5.1. REQUERIMIENTO	112
5.2. CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA RED	113
5.3. ESTUDIO DE POBLACION	116
5.4. METODOS DE PLANEACION	116

5.4.1. PLANEACION DE TRAFICO TOP-DOWN	117
5.4.2. PLANEACION DE TRAFICO BOTTOM-UP	118
5.5. ZONA DE COBERTURA	119
5.6. PROPAGACION.	120
5.6.1. PARAMETROS UTILIZADOS EN EL CALCULO DE PROPAGACION	121
5.6.1.1. Cálculo de la potencia de transmisión	121
5.6.1.2. Proceso de cálculo	122
5.6.1.2.1. Campo medio necesario en la Estación Móvil	125
5.6.1.2.2. Campo medio necesario en la Estación Base	126
5.6.1.3. Cálculo de cobertura	129
5.6.1.3.1. Cobertura de la Estación Base	129
5.6.1.3.2. Cobertura de la Estación Móvil	131
5.6.2. ANTENAS	132
5.7. ANALISIS DE TRAFICO	132
5.7.1. CALCULOS DE LA RED	135
5.7.1.1. Cálculo de los codificadores de voz	136
5.7.1.2. calculo de la cantidad de BTS	136
5.7.1.3. Cálculo de la cantidad de BSC	137
5.7.2. CONFIGURACION.	138
5.7.2.1. Configuración del BSC.	138
5.7.2.1.1. Configuración del SBGR.	138
5.8. ENLACES ENTRE LOS ELEMENTOS DE LA RED.	138
5.8.1. ENLACES B.	139
5.8.1.1. Enlace entre la BTS y el BSC	139
5.8.2. ENLACES G.	139
5.8.3. ENLACES M.	140
5.8.3.1. Enlaces entre el BSC y el MSC.	140

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

GLOSARIO

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Interfaces de radio terrestres de IMT-2000	4
Figura 1.2. proyección mundial de CDMA para el año 2007	4
Figura 1.3. Servicios IMT-2000	5
Figura 1.4. Asignación de bandas para IMT-2000	8
Figura 1.5. Crecimiento proyectado de telefonía fija, móvil e internet	10
Figura 1.6. Distribución mundial proyectada de abonados de 3G para el año 2007	13
Figura 1.7. Crecimiento proyectado de tráfico de voz y datos	14
Figura 1.8. Ejemplos de aplicaciones de usuario de tercera generación	18
Figura 2.1. Caminos para la evolución de 2G a 3G	31
Figura 3.1. Elementos de una red cdma2000	46
Figura 3.2. Procesamiento de una llamada entrante	53
Figura 3.3. Estructura básica del HLR	56
Figura 3.4. Arquitectura del BSC	63
Figura 3.5. Arquitectura de la BTS	68
Figura 3.6. Configuración básica del DCN	76
Figura 4.1. Ancho de banda de los canales cdma2000	82
Figura 4.2. Procedimiento básico del procesamiento de una llamada	84
Figura 4.3. Sistema de numeración de abonados móviles	88
Figura 4.4. Ejemplo de Handoff	103
Figura 4.5. Concepto de Spot Beam	108
Figura 5.1. Mapa ciudad de Popayán	112
Figura 5.2. Variación de la calidad de recepción en una estación móvil	124

Figura 5.3. Variación de la calidad de recepción en una estación base	125
Figura 5.4. Conexión del transmisor y la antena	128
Figura 5.5. Antena PCS-11015-0D	132
Figura 5.6. Patrón de radiación de la antena en decibeles	133
Figura 5.7. Patrón de radiación de la antena en amplitud	133
Figura 5.8. Enlaces entre los elementos de la red cdma2000	139
Figura 5.9. Interconexión entre dos BSC	140
Figura 5.10. Descripción del enlace M	140
Figura 5.11. Ubicación de equipos	141

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1. Area de cobertura y radio de la celda en CDMA y GSM TDMA	41
Tabla 2.2. Comparación en cuanto a capacidad de las tecnologías CDMA, GSM, TDMA y AMPS	43
Tabla 3.1. Interfaz inalámbrica IS-2000	67
Tabla 3.2. Interfaces entre sistemas de una red cdma2000	77
Tabla 4.1. Servicios ofrecidos por cdma2000	81
Tabla 5.1. Características de los elementos utilizados en el diseño	123
Tabla 5.2. Parámetros para calcular la desviación gaussiana	124
Tabla 5.3. Carga de tráfico de la red	135
Tabla 5.4. Codificadores de voz	136

INTRODUCCION

La tecnología que permite movilidad Involucrará Internet durante los próximos años. La nueva dimensión de comunicaciones colocará a la Internet en la mano de millones de personas. Hoy en día se pueden apreciar los principios de estos desarrollos, los cuales tendrán más influencia en el despliegue y la evolución de futuras redes, inclusive en la arquitectura y sus principales aplicaciones. El reto inmediato es hacer que las redes existentes estén listas para entregar múltiples servicios de voz, datos y multimedia en tiempo real a través de redes públicas y privadas y con un nivel de calidad garantizado de extremo a extremo.

La comunicación móvil de tercera generación hará mucho más que traer capacidades de comunicación de voz a nuestros bolsillos. También hará que los servicios de información se encuentren disponibles de forma instantánea, inclusive la Internet, las intranets, y servicios de entretenimiento, por ejemplo un terminal de tercera generación podría funcionar como una cámara de video desde la cual los usuarios finales puedan enviar postales electrónicas y videos. Los usuarios finales podrán usar sus terminales como herramienta para realizar comercio electrónico móvil (e-commerce). El usuario final tendrá esencialmente un asistente en su mano, con la capacidad de reservar tiquetes, hacer transacciones bancarias, pagar las cuentas de apartamento, comprar artículos de un distribuidor automático, etc.

La comunicación móvil de tercera generación introducirá también una manera más potente, flexible y eficaz de hacer negocios. Los servicios multimedia móviles y las soluciones de oficina móviles o sin hilos simplificará la realización de empresas virtuales. De forma similar tendrán mayor importancia las

aplicaciones de comunicación de electrodoméstico a electrodoméstico y de electrodoméstico a persona, mejorando mucho la seguridad y la eficacia.

El impacto que Internet ha generado, y la creciente capacidad en anchos de banda para la transmisión de archivos de diversos formatos (texto, audio, voz y video) a través de redes, ha hecho girar la mirada de la tecnología hacia los terminales celulares como el punto de acceso a la información más personal, sobrepasando las aplicaciones actuales. Toma más fuerza entonces la idea de una nueva generación de dispositivos inalámbricos, con capacidades para realizar llamadas de voz con cobertura global, obtener y cargar información desde Internet, recibir noticias desde un proveedor de contenidos, así como boletines con despliegue tanto de video como de audio en línea.

En la presente monografía se describen los requisitos para la tercera generación de comunicación multimedia móvil, el refuerzo de distintas normas de segunda generación para dar servicios de tercera generación y finalmente se profundiza en una tecnología en particular denominada cdma2000 para finalizar con el diseño de la red de tercera generación para la ciudad de Popayán.

En el primer capítulo se comenta de forma general las principales características de los sistemas de tercera generación, incluyendo la definición desde varios puntos de vista y los servicios que se pueden ofrecer a los usuarios.

En el segundo capítulo se trata brevemente los aspectos correspondientes a las tendencias mundiales existentes como alternativa de evolución de los sistemas de segunda generación a 3G.

En el tercer capítulo se mencionan las características funcionales de cada uno de los elementos que conforman la arquitectura de un sistema de tercera generación que utiliza cdma2000 como interfaz de radio.

En el cuarto capítulo se realiza un estudio detallado de la interfaz de radio cdma2000 donde se hace referencia a las características y los servicios inherentes de dicha tecnología.

Finalmente en el capítulo quinto se presentan los resultados correspondientes al diseño teórico de la red de tercera generación basada en cdma2000 para la ciudad de Popayán. Para complementar en el Anexo A se incluye mayor información referente a la tecnología empleada por Samsung, Ericsson y Motorola, proveedores líderes a nivel mundial en el despliegue de este tipo de redes.

1. GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE TERCERA GENERACION

1.1. IMT-2000: LA PROXIMA GENERACION INALAMBRICA

El crecimiento explosivo de las comunicaciones inalámbricas durante la última parte del siglo veinte, es una historia de éxito que ha sorprendido a muchos analistas del mercado de las telecomunicaciones. Se cree que las sorpresas durante este siglo vendrán de la mano de las comunicaciones inalámbricas, las cuales hoy en día no podemos incluso imaginar y que serán capaces de llegar a más gente por diferentes caminos. Las mejoras en confort, seguridad y productividad facilitadas por la comunicación inalámbrica la han convertido en una tecnología indispensable para mucha gente. Mientras imaginamos la multitud de nuevas aplicaciones previstas para la siguiente generación de servicios inalámbricos, parece inevitable pensar que los servicios y dispositivos inalámbricos se convertirán en algo tan habitual como lo son actualmente los televisores y los automóviles.

Una de las claves que fomentarán este brillante futuro de la industria inalámbrica es el continuo avance de la tecnología. La industria confía en introducir los sistemas de tercera generación como parte de la iniciativa de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales para el año 2000 IMT-2000 (International Mobile Telecommunications at year 2000) promovida por la Unión Internacional de Telecomunicaciones ITU (International Telecommunications Union). En general, la primera generación se define como la de los sistemas celulares analógicos que iniciaron su funcionamiento a mediados de los años ochenta. La segunda generación incluye los sistemas celulares digitales y los Sistemas de Comunicación Personal PCS (Personal Communication Systems), que han eclipsado últimamente a los sistemas

analógicos en términos del número total de abonados a los que sirven en todo el mundo. Los sistemas 3G planificados para su introducción en el año 2002, se están diseñando para suministrar no sólo servicios de voz sino también servicios de datos de alta velocidad que proporcionen nuevas aplicaciones tales como el acceso inalámbrico a Internet.

La unificación de estándares permite una economía de escala sin precedentes, que disminuye la estructura de costes de la industria, lo cual implica precios más bajos para los consumidores, estimulando la demanda y por tanto, el aumento del uso. Una normativa mundial generalizada también mejora la itinerancia. Además, una mayor globalidad fomenta el crecimiento de las inversiones en aplicaciones inalámbricas por parte de la industria de las Tecnologías de la Información, lo cual trae como resultado un nuevo crecimiento dirigido por los servicios de datos y multimedia. Este modelo permite finalmente que la red inalámbrica se convierta en una extensión uniforme de Internet, la cual ha experimentado un explosivo crecimiento como resultado de su consistencia a escala mundial.

A pesar de las ventajas importantes que implica una estandarización mundial común, está claro que para lograr un tipo de modelo Internet se requerirán, por parte de la industria, tanto acciones a corto como a largo plazo. A corto plazo, cualquier acción deberá buscar cómo maximizar la armonización y la convergencia de las diferentes propuestas de Acceso Múltiple por División de Código CDMA (Code Division Multiple Access) de banda ancha, con el fin de alcanzar una familia de normas 3G que optimicen la prestación de servicios.

A largo plazo la industria tendrá que reconocer las ventajas importantes y dirigir los esfuerzos de la normalización inalámbrica en términos de una base global. Las estructuras regionales y nacionales actuales de normalización deben evolucionar hasta formar parte de un marco mundial. El surgimiento de empresas globales y el número creciente de personas itinerantes a lo largo del

mundo requerirán de productos y servicios mundiales. La mayoría de los fabricantes de equipos inalámbricos están operando a escala global. Los operadores se consolidarán y formarán alianzas y acuerdos, por lo que requerirán soluciones mundiales.

Sin embargo, lo que ITU quizás no previó es que razones de mercado, regulación y tecnología, harían un poco compleja la definición de un estándar común para las comunicaciones inalámbricas globales. Es más, para mediados de los ochenta nadie podría prever que esta necesidad mundial de conexión se vería aderezada por la amplia difusión de Internet y la transferencia de datos por medio de protocolos IP, que hace posible la transmisión en línea de voz, video y audio. Los mercados quieren explotar aún más estas capacidades y hacerlas llegar a dispositivos móviles.

En Junio 30 de 1998 los cuerpos estandarizadores enviaron 15 propuestas a la unión internacional de las telecomunicaciones para tecnologías de transmisión vía radio (RTTs) bajo el proceso IMT-2000, el cual es un llamado inicial para el despliegue de un estándar único para el año 2000. En marzo de 1999, la ITU terminó la búsqueda de un estándar único IMT-2000 y adoptó una familia de estándares. Tales estándares se indican en la figura 1.1.

Un resultado interesante de los procesos de investigación, simulación y pruebas que se han llevado a cabo para la presentación de las propuestas de normas para los sistemas 3G, es el hecho de que varias regiones geográficas del mundo hayan propuesto una tecnología de radio 3G muy similar. Cinco iniciativas con origen en Norteamérica, Europa y Asia, se han centrado en el acceso múltiple por división de código de banda ancha CDMA como base para el acceso vía radio en sistemas de 3G. La mayor parte de la industria ha convergido en el CDMA de banda ancha por su alta capacidad, robustez en la prestación de servicios, flexibilidad para combinar la voz con los servicios de

datos y escalabilidad desde servicios de voz a baja velocidad a servicios de datos de hasta 2 Mbps.

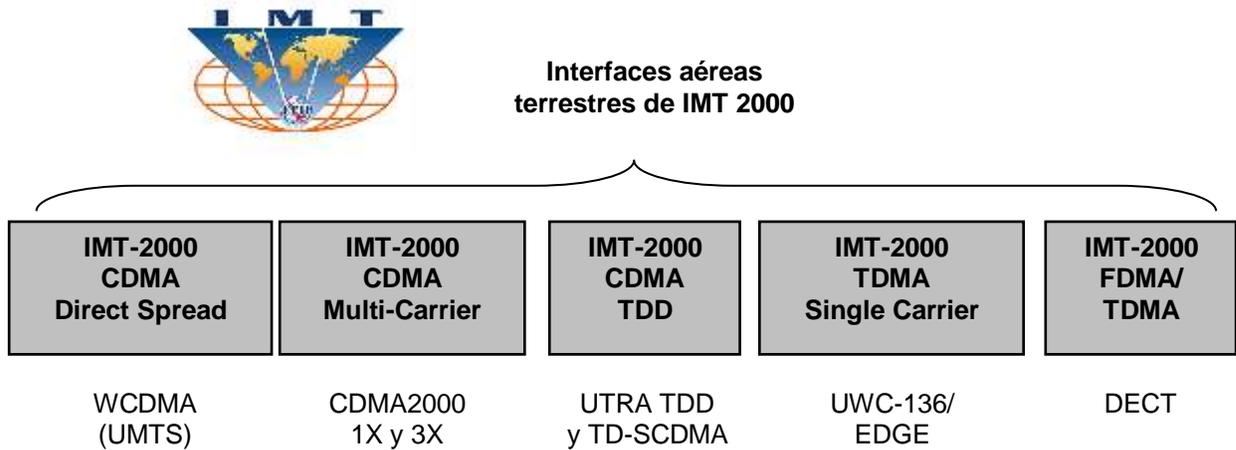
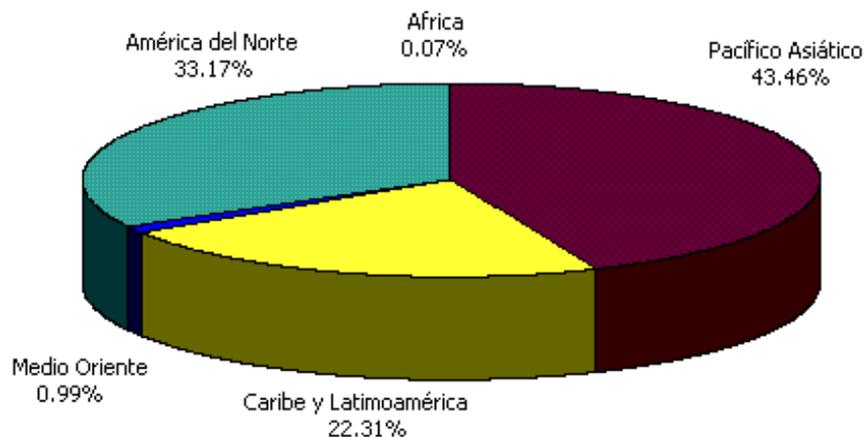


Figura 1.1. Interfases de radio terrestres de IMT-2000

Las ventajas de la tecnología CDMA han sido reconocidas por muchos operadores y fabricantes, llevando a la definición de la norma cdmaOne en Norteamérica. Tras la demostración de la madurez alcanzada por las redes de segunda generación que ya utilizan CDMA, se ha reconocido que esta tecnología será la norma inalámbrica dominante para los servicios 3G. La figura 1.2. muestra la proyección de CDMA para el 2007.



Fuente: Strategies Group

Figura 1.2. proyección mundial de CDMA para el año 2007

La semejanza de las diferentes propuestas de CDMA de banda ancha ha mostrado que la globalización está teniendo un impacto creciente en la industria inalámbrica. Muchos fabricantes y operadores han llegado a la conclusión de que unas normas mundiales comunes podrían proporcionar como resultado, enormes beneficios para la industria.

1.2. DEFINICION DE IMT-2000

IMT-2000 es el resultado de la colaboración de muchas entidades, dentro de la ITU (ITU-R e ITU-T), y fuera de la misma (3GPP, 3GPP2, etc.), que comprende el servicio de comunicación móvil de tercera generación, el cual provee una gran variedad de servicios inalámbricos con velocidad de transmisión mejorada y con aplicación de servicios de banda ancha. La figura 1.3. ilustra los servicios que propone IMT-2000.

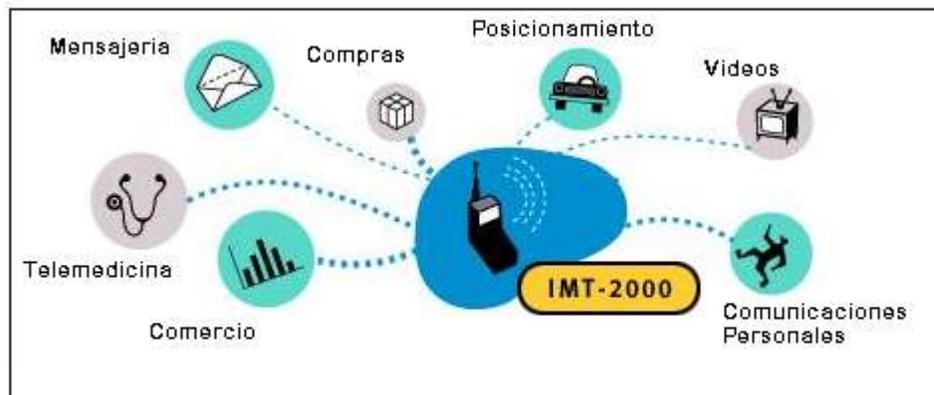


Figura 1.3. Servicios IMT-2000

IMT-2000 fue concebido inicialmente para habilitar servicios de comunicaciones móviles con el mismo teléfono sin importar donde se encuentre el usuario. Sin embargo, alcanzar esta meta parece incierto debido a los conflictos de interés entre los países y continentes. Los usuarios tendrán algunos inconvenientes a pesar de la posibilidad de resolver los problemas de compatibilidad tecnológica con tarjetas inteligentes.

Además se espera ofrecer mayor velocidad de transmisión a través de los avances tecnológicos y no una revolución total de los teléfonos celulares digitales existentes de segunda generación. Algunos países se están preparando para servicios como IS-2000 y GPRS, también llamados "pre IMT-2000" o 2.5G, con el cual se puede transmitir datos a 144Kbps.

Los requisitos planteados para generalizar los sistemas de tercera generación son los siguientes:

- Altas tasas de datos mínimo de 144 kbps, máximo 384 kbps en todos los ambientes de radio y de hasta 2 Mbps en ambientes de baja movilidad e internos.
- Transmisión de datos simétrica y asimétrica.
- Servicios de conmutación por paquetes y en modo circuito, tales como tráfico Internet (IP) y video en tiempo real.
- Buena capacidad de voz (comparable con la calidad de línea cableada),
- Mayor capacidad y mejor eficacia de espectro comparando con sistemas actuales inalámbricos de segunda generación.
- Varios servicios simultáneos para usuarios finales (servicios multimedia).
- La incorporación adecuada con sistemas celulares de segunda generación y para coexistencia de, e interconexión con, servicios móviles de satélite.
- Itinerancia, inclusive itinerancia internacional, entre distintos operadores IMT-2000.
- Economías de escala y una norma abierta global que cumple con las necesidades del mercado en masa.

Los terminales proporcionarán acceso, por medio de uno o más enlaces de radio, a un amplio rango de servicios de telecomunicaciones soportados por las redes de telecomunicaciones de telefonía fija (por ejemplo la PSTN, ISDN, IP, etc.) y otros servicios específicos para los usuarios móviles.

1.3. SERVICIOS ESPERADOS DE IMT-2000

IMT-2000 habilita a sus usuarios para transmitir voz, datos, e incluso imágenes en movimiento. Con el fin de realizar estos servicios, mejora la velocidad de transmisión de datos superior a 144Kbps en ambientes de movimiento a alta velocidad, 384Kbps en ambientes en movimiento a baja velocidad, y 2Mbps en ambiente estacionario. IMT-2000 mejora los servicios como conexión a Internet, transmisión de datos a gran escala, videos y descarga de software.

IMT-2000 utiliza la banda de 2GHz asignada por la ITU y tiene seleccionados 5 MHz para mejorar los servicios multimedia. En la primera fase de los servicios de IMT-2000 se espera una velocidad de transmisión de 144Kbps, pero alrededor del año 2005 será posible una velocidad de 2Mbps cuando IMT-2000 sea de uso general.

1.4. FRECUENCIA PARA IMT-2000

En 1992 la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones WARC (World Administrative Radio Conference) asignó como una banda global común de frecuencia las bandas de 230 MHz, de 1.8 GHz y 2.2 GHz.

La asignación de bandas de frecuencias está clasificada en terrestres y satelitales. La banda terrestre cubre el rango de 170 MHz que viene del rango superior y el rango inferior de FDD (Frequency Division Duplex), dos rangos de 50 MHz y 60 MHz de TDD (Time Division Duplex) y la banda satelital cubre 60 MHz para el enlace de subida y 30 MHz para el enlace de bajada.

En la WARC realizada en 1992 se asignaron 230 MHz para el servicio de IMT-2000. A la banda terrestre le correspondieron 170 MHz de los cuales 120 MHz fueron para FDD y los 50 MHz restantes para TDD. A la banda satelital se le asignaron 60 MHz.

Como resultado de la revisión de la asignación adicional de frecuencia para servicios de datos de alta velocidad en IMT-2000, se decidió que la pre asignación de 230 MHz no era suficiente. En consecuencia, en la WRC-2000 se realizó un esquema de asignación adicional de frecuencia el cual asignó una banda de frecuencia adicional de 160 MHz como se ilustra en la figura 1.4.

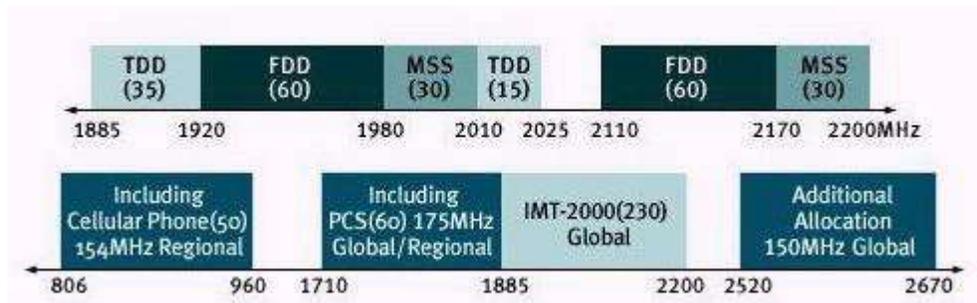


Figura 1.4. Asignación de bandas para IMT-2000

1.5. TERCERA GENERACION

1.5.1. Definición de 3G

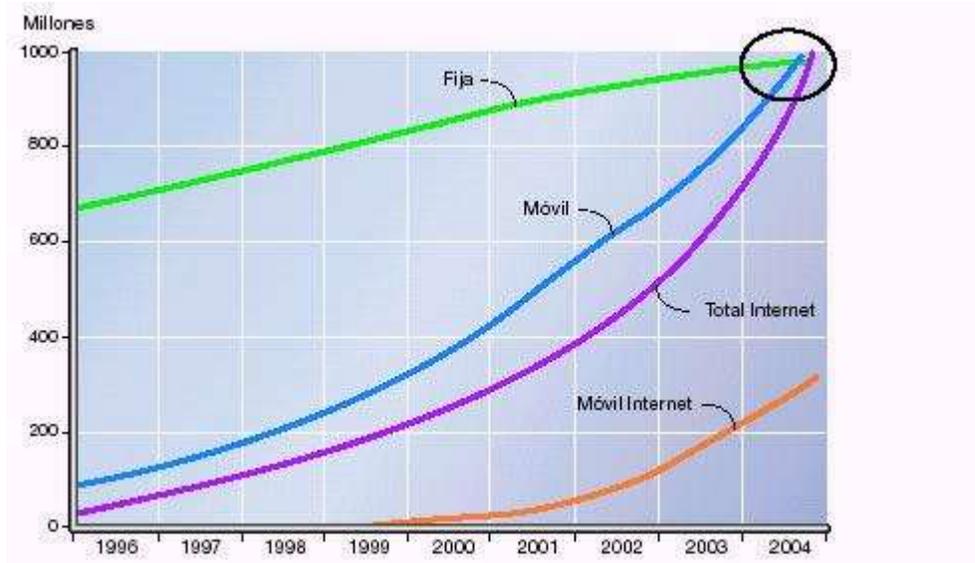
Cuando se habla de sistemas de tercera generación se pueden presentar diferentes puntos de vista para dar una definición. Una definición simple es multimedia móvil, una definición general se refiere a 3G como un estándar de comunicaciones móviles para las redes del futuro. Tecnológicamente se define como una interfaz de radio de banda ancha conectada a un núcleo de red flexible cumpliendo la mayoría de especificaciones IMT-2000.

1.5.2. Tecnologías de 3G

Las tecnologías inalámbricas de 3G suponen un importante avance en la evolución de las tecnologías digitales actuales en términos de capacidad y de calidad, tanto para voz como para datos. Estas tecnologías harán posible que un gran número de personas se beneficie de las tres megatendencias mundiales que están abriendo paso a la vida 3G: movilidad, Internet y convergencia digital. El aumento del uso de la telefonía móvil e Internet constituye poco menos que un fenómeno. Sin embargo, estas dos tendencias pueden continuar avanzando y terminar por converger. Ambos sectores se han desarrollado hasta ahora con relativa independencia, pero cada vez se aproximan más entre sí. Los sectores de la tecnología de la información, el software, los medios de comunicación, la electrónica para el consumidor y el sector celular/telecomunicaciones están empezando a descubrir sus puntos en común.

El crecimiento de abonados tradicionales de voz fija está empezando a disminuir y puede nivelarse en los años venideros. Sin embargo se prevé una continuación del fuerte crecimiento en comunicación móvil. De hecho se calcula que este número se aproximará a los mil millones el año 2003/2004. El número de abonados de Internet se encuentra también en aumento. Aquí también se prevé cerca de mil millones de usuarios para el año 2004. De estos, más de 350 millones serán abonados móviles Internet como se muestra en la proyección estimada en la figura 1.5.

El crecimiento de Internet móvil será estimulado por el crecimiento de Internet fijo, por normas globales de datos móviles para los cuatro sistemas principales móviles celulares (GSM, TDMA/136, PDC y CDMA / IS-95), y por altos volúmenes y cortos ciclos de vida de producto de terminales móviles (cuyos números sobrepasarán por mucho el de computadoras personales).



Fuente: Ericsson

Figura 1.5. Crecimiento proyectado de telefonía fija, móvil e Internet

La amplitud de los nuevos mercados 3G es prácticamente inimaginable. El objetivo de las empresas del sector de las telecomunicaciones es ir abriendo esta nueva vía mediante el soporte de plataformas y normas abiertas que permita un alto nivel de adopción de los servicios 3G por parte del mercado y que fomente el crecimiento de este nuevo e interesante sector.

1.5.3. Panorama mundial de 3G

Los operadores de telefonía celular tendrán que competir en el diseño de programas de servicio para cada nicho de usuarios. Lo que va a determinar la sobrevivencia de cada compañía será su capacidad de adaptación a las exigencias de todo un mundo por venir.

La comunicación móvil está cambiando el comportamiento de la sociedad. Los teléfonos móviles han llegado a ser un accesorio de cada día para cientos de millones de personas. Más y más personas usan hoy teléfonos móviles como su único medio de comunicación de voz personal. Esta pauta está bien establecida

en los países Nórdicos y en los Estados Unidos, así como en otros mercados de telecomunicación maduros y competitivos. La sociedad de la información se desarrollará durante esta década como una economía conectada por redes globales de un proceso que está siendo formado por la convergencia de tecnologías de computación, comunicación y difusión. La aparición de la tercera generación de comunicación móvil hace entrar un verdadero cambio de paradigma. Mientras que la comunicación móvil está centrada actualmente en voz, ofreciendo los beneficios de comunicación de voz de persona a persona en cualquier parte y en cualquier momento, se está transformando rápidamente la telefonía personal a un mercado en masa de servicios y terminales multimedia móviles personales.

Entre 60 y 70 licencias del Servicio Universal de Telefonía Móvil UMTS (Universal Mobile Telephone Service) se estarán asignando en Europa. En el pacífico asiático (Japón, China, y Corea) también se están asignando licencias de IMT-2000 con el objetivo de lograr el desarrollo de 3G proyectado aproximadamente para el año 2002. En los Estados Unidos se subastó el espectro de 700 MHz. Otras regiones tales como Latinoamérica, el medio oriente y Africa seguirán los pasos de Europa y del pacífico asiático en 3G.

La perspectiva para el primer desarrollo de los sistemas 3G es muy promisoría en el occidente europeo y Asia, particularmente en Finlandia, Francia, Alemania, Japón, Suiza, Suecia, y en el Reino Unido. Los países del occidente Europeo están proponiendo activamente los parámetros de 3G bajo el mandato de Estados Unidos y UMTS, el cual debe dar la licencia a los países Europeos el primero de enero de 2002.

Japón ha ido avanzando en 3G y a pesar de que este no es un país con licencia para el Sistema Global de Comunicaciones Móviles GSM (Global System For Mobile Communications), se cree que tendrán éxito en el logro de sus objetivos en el despliegue de 3G.

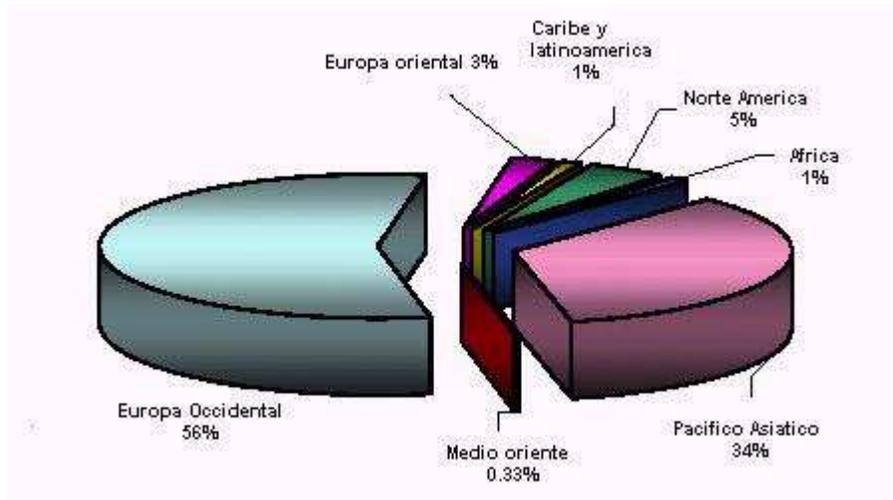
China y Corea del Sur también son firmes candidatos para implementar 3G muy pronto. China tiene una gran necesidad de poder utilizar espectro adicional, la cual podría ser suplida por una red 3G. Corea está planeando desarrollar 3G en el 2002. Se proyecta que para el 2007 el occidente europeo tenga el mercado más grande, albergando el 56% del total de abonados de 3G, seguido por el pacífico asiático con un 34% del mercado mundial.

La perspectiva para desarrollar 3G en Estados Unidos, Egipto, Sur Africa y Turquía es bastante optimista. El entorno en los Estados Unidos presenta un caso interesante ya que los avances en desarrollos de 3G aún no son muy evidentes. Los Estados Unidos todavía no han resuelto la falta de espectro disponible para la licencia de 3G.

Debido a que los gobiernos Latinoamericanos tardarán en asignar las licencias en 1900 MHz, se ha presentado un pequeño movimiento en las licencias de 3G. El único gobierno que ha indicado cual será su frecuencia de trabajo ha sido el Venezolano. Los servicios de 3G se han proyectado para ser ofrecidos en Brasil, México y Venezuela para el 2007, mientras Argentina y Chile están esperando para satisfacer la demanda de 3G pero suministrando servicios de 2.5G para el periodo previsto. En la figura 1.6 se puede observar la distribución mundial proyectada de abonados de 3G para el año 2007.

Para el año 2005 se estima que en el mundo existan cerca de 2.400 millones de abonados en los sistemas de comunicación celular. Esto significa que hoy existen menos del 10% de los usuarios que demandarán este tipo de servicios a mediano plazo. A la par de esta tendencia, la convergencia de tecnologías de la información y las comunicaciones han dado paso a un gran número de nuevas aplicaciones que distan de las sencillas modalidades de telefonía inalámbrica ofrecidas por los dispositivos analógicos basados en estándares AMPS. En una segunda generación digital, hoy los teléfonos celulares constituyen pequeñas unidades de información capaces de reconocer

comandos de voz, enviar y recibir mensajes de texto, procesar datos en aplicaciones de agenda, directorio telefónico, calculadora, entre otras.



Fuente: Strategies Group

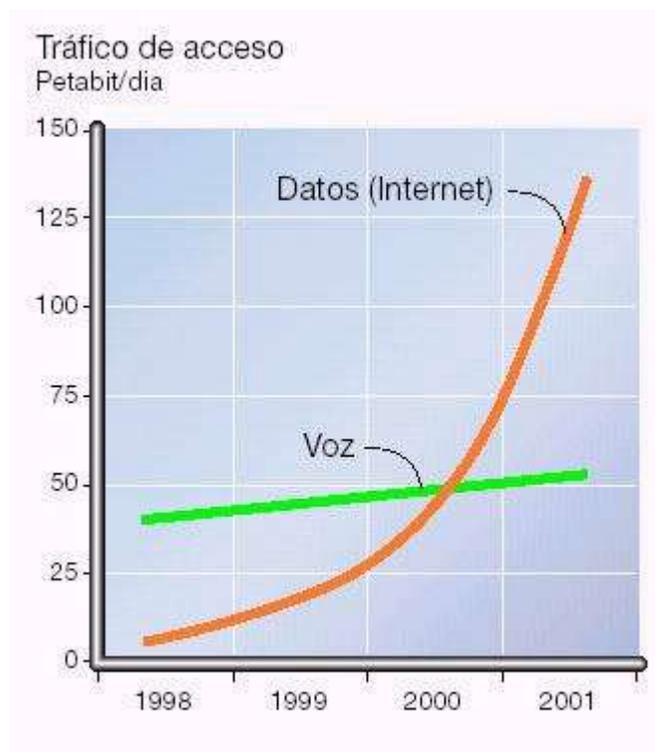
Figura 1.6. Distribución mundial proyectada de abonados de 3G para el año 2007

El tráfico constituye la segunda área más importante de crecimiento después del número de abonados. El volumen acumulado de tráfico de datos está actualmente a punto de sobrepasar el volumen acumulado de tráfico de voz en todas las redes públicas. El tráfico de datos dominará por completo como se muestra en la figura 1.7.

El tráfico de voz se encuentra en aumento en la red móvil. Se pronostica que el volumen acumulado de tráfico por abonado se duplicará o hasta triplicará para el 2004, debido principalmente a la reducción en el precio de las tarifas.

Recientemente algunas empresas del sector de las telecomunicaciones realizaron las primeras llamadas de prueba usando una tecnología global de tercera generación bajo el estándar de comunicación inalámbrica CDMA. Así mismo, un operador japonés de telefonía celular adoptó el estándar de Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha WCDMA (Wideband Code

Division Multiple Access) en sus proyectos de servicios de 3G. Por otra parte, Europa maneja una propuesta a partir del estándar de comunicaciones inalámbricas dominante en estos mercados, el GSM. Las redes de comunicación inalámbrica en todo el mundo han evolucionado impulsadas por los servicios de telefonía celular. Sin embargo, en cada país, en cada mercado, y en cada gobierno, han surgido distintas realidades y regulaciones que han dispuesto un mapa complicado de estándares de comunicación y tecnologías de conexión analógica y digital: Sistema de Telefonía Móvil Avanzado AMPS (Advanced Mobile Phone System), Sistema de Telefonía Móvil Avanzado Digital DAMPS (Digital Advanced Mobile Phone System), Acceso Múltiple por División de Tiempo TDMA (Time Division Multiple Access), CDMA, GSM, más los sistemas de comunicación satelital.



Fuente: Ericsson

Figura 1.7. Crecimiento proyectado de tráfico de voz y datos

La llegada de la tercera generación móvil se complicó, y aunque nadie duda de su inminencia para mediados de esta década, es muy interesante el camino

que resta por recorrer. La geopolítica de las comunicaciones inalámbricas ofrece tres opciones a la 3G, promovidas por los tres mercados más importantes del planeta: Japón-Asia, Europa y las Américas. Existen tres regiones diferentes, con mercadeos, requerimientos regulatorios y tecnologías igualmente disímiles. Todas presionan por el dominio, como ocurrió durante la primera generación de tecnología celular inalámbrica y la actual segunda generación de tecnología digital celular, donde el mundo se reparte entre estándares PCS, CDMA TDMA y GSM. El mercado japonés, con sus 55 millones de abonados de servicios de comunicación celular, lleva la delantera en materia de 3G. Las razones están dadas por la creciente demanda y una saturación en las bandas del espectro disponibles.

El gobierno japonés decidió adoptar la 3G antes que el resto del mundo, de tal forma que los grandes usuarios, 7 u 8 millones de esos 55, migren a la transmisión de datos de alta velocidad y la Internet móvil, y así liberar espacio en la categoría de servicios básicos celulares. Esto también da una posición de ventaja a la industria japonesa de las telecomunicaciones, la cual desarrolla un estándar sui géneris de banda ancha para el flujo de datos de alta velocidad bajo la denominación de WCDMA.

Los europeos se animan hacia una dirección similar, con una versión WCDMA algo distinta de la japonesa, como un camino evolutivo del estándar GSM.

La tecnología GSM provee servicios de comunicación inalámbrica a un total de 80 millones de personas en todo el mundo. GSM tiene el 65% del mercado de teléfonos celulares que agrupa a unos 300 millones de abonados.

Ante esta correlación de fuerzas, desde Estados Unidos surge una "tercera vía" que impulsa las capacidades del actual estándar IS-95 (CDMA), bajo la denominación de cdma2000. Ante tanta confusión de siglas, lo importante es reconocer que todas las opciones suponen la necesidad de un acuerdo, aún

más si se considera que en regiones como Latinoamérica la realidad del mercado evidencia la convivencia de todas las tecnologías disponibles, y la lógica supone que la 3G no puede exigir el reemplazo de la infraestructura desarrollada en esta 2G de telefonía celular digital.

La situación actual induce a la idea de que una convergencia de estándares entre Japón y Europa podría determinar el liderazgo mundial. Primero aparecerá el estándar japonés que puede llegar a unificarse con el europeo, porque va a tener madurez para insertarse tanto en Europa como en Estados Unidos. La industria japonesa apuesta por ello. En Latinoamérica los operadores tendrán una respuesta de 3G. Posiblemente se tendrá que elegir entre dos alternativas.

1.5.4. Debate de Estándares de 3G.

Una de las consecuencias más controversiales referentes al despliegue de 3G involucra los estándares. La divergencia surge de la necesidad de las organizaciones de despliegue de estandarización SDOs (Standar Deployment Organizations) de soportar estándares que puedan suministrar interoperabilidad con sus núcleos de red.

Las asociaciones de estándares han estado estableciendo tecnologías rivales. En Diciembre de 1998 se fundó el proyecto de socios de tercera generación 3GPP (Third Generation Partnership Project) para desarrollar especificaciones para 3G basados en tecnología WCDMA y núcleo de red GSM. Manejados preliminarmente por el instituto Europeo de estándares en telecomunicaciones y además otros miembros entre los que se incluyen la Asociación de industrias y negocios de radio (ARIB) y el Comité de Tecnología y Telecomunicaciones (TTC) en Japón, la Asociación de Tecnología en Telecomunicaciones (TTA) en Corea y el Comité de Telecomunicaciones T1 de Estados Unidos. El instituto americano nacional de estándares (ANSI) le propuso al 3GPP enviar un

propósito conjunto a la ITU que fuera representativo de los puntos de vista de todos los SDOs. Cuando el 3GPP estuvo renuente a incluir tecnologías no GSM en su propuesta, la ANSI formó el proyecto de socios de tercera generación 2 3GPP2 (Third Generation Partnership Project Two). El 3GPP2 soporta la propuesta de cdma2000 como estándar de tecnología 3G.

El grupo de armonizadores de operadores fue formado para puentear la brecha entre el 3GPP y el 3GPP2. En Febrero de 1999, fue propuesto un estándar con tres modos abarcando un modo de Expansión Directa DS (Direct Spread) para WCDMA, un modo multiportadora MC (Multi Carrier) para cdma2000 y un modo con duplexación por división de tiempo TDD (Time Division Duplex) CDMA. La propuesta para el nuevo estándar llamado Tercera Generación global G3G (Global 3G), fue enviada a la ITU para su evaluación en Junio de 1999.

1.5.5. Aplicaciones y servicios

El motor de la nueva sociedad de la información móvil no será la tecnología, sino las aplicaciones. Las tecnologías basadas en normas abiertas se combinarán entre sí, permitiendo la creación de una plataforma IP sobre la que se pueda construir una amplia gama de nuevos servicios y aplicaciones. Por tanto, no será tan importante la compatibilidad de la tecnología como la compatibilidad de la información.

En la vida 3G, cada consumidor podrá disponer de su propia serie de servicios adaptados a sus gustos personales y accesibles a través de un portal móvil personalizado. La configuración de los perfiles variará de acuerdo a las condiciones de acceso y como la comunicación cada vez será más independiente del lugar en que se encuentre la persona, el contenido de la información se presentará conforme a la capacidad del terminal utilizado.

3G creará nuevas oportunidades para los operadores de redes, introducirá nuevos participantes (por ejemplo, proveedores de contenido) en el mercado

de los móviles multimedia y ofrecerá a los usuarios finales nuevos servicios y aplicaciones, muchos de ellos aún inimaginables, que supondrán una mejora para su vida personal y profesional.

La evolución de la comunicación multimedia móvil se lleva por la demanda de una infraestructura fácil de usar y aplicaciones y soluciones relacionadas con terminales. En los años venideros se adaptarán servicios basados en Internet e intranet a la red inalámbrica, donde estarán disponibles. Los servicios y aplicaciones ilustrados en la figura 1.8. dan cuerpo a las capacidades de mayor valor de un sistema de tercera generación.

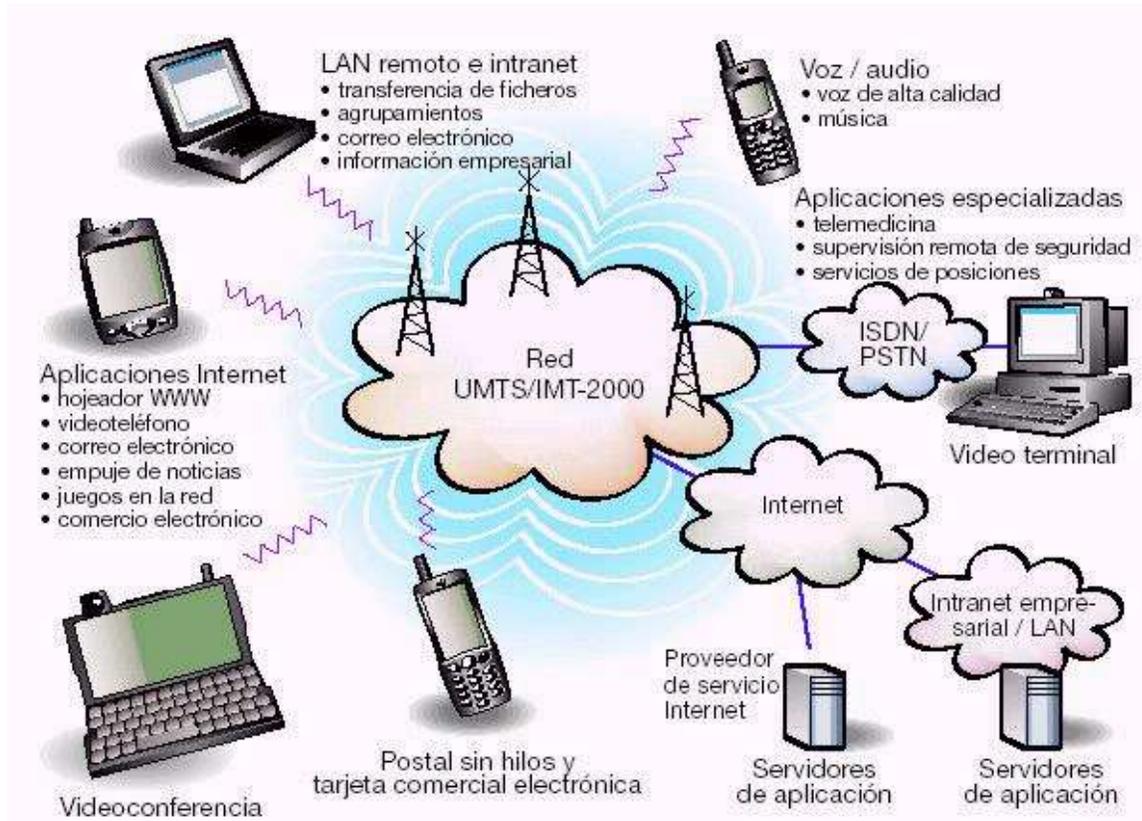


Figura 1.8. Ejemplos de aplicaciones de usuario de tercera generación

Las siguientes son algunas de las posibles aplicaciones y servicios que se pueden prestar a los usuarios de sistemas 3G.

- Una gama completa de servicios de voz de banda estrecha a servicios multimedia de tiempo real y banda ancha. Se espera que el tráfico de voz siga siendo una aplicación importante y fuente de ingresos.
- Apoyo para datos en paquetes de alta velocidad, inclusive el hojear información y la "World Wide Web" (www).
- La entrega de información (noticias, el tiempo, tráfico, finanzas).
- Acceso remoto e inalámbrico a Internet e intranet.
- Servicios unificados de mensajes, tales como correo electrónico multimedia.
- Aplicaciones audio/video en tiempo real, tales como videoteléfono, videoconferencias interactivas, audio, música, y aplicaciones comerciales multimedia especializadas, inclusive telemedicina y supervisión remota de seguridad.
- Aplicaciones de comercio electrónico móvil: operaciones bancarias móviles y compras móviles.
- Aplicaciones de oficina móvil: multimedia para usuarios que se encuentran en movimiento y en la oficina, servicios especializados y privados de radio móvil (SMR/PMR).

2. EVOLUCION DE 2G A 3G

Después de conocer las opciones de sistemas de tercera generación propuestas por IMT-2000, se hace necesario estudiar brevemente las características generales que presentan los caminos de migración establecidos con el fin de permitir a los sistemas de segunda generación, realizar una transición flexible en búsqueda del cumplimiento de los objetivos propuestos por la tercera generación de comunicaciones móviles.

Para entender las opciones de migración hacia 3G abiertas para los operadores, se comienza examinando los caminos de migración comúnmente concebidos para las tecnologías con mayor penetración en el mercado global: GSM, cdmaOne, y TDMA/IS-136. También se analiza la posibilidad de cdma2000 1x como una alternativa de migración para TDMA.

Una migración asumida para TDMA/IS-136 coloca una transición inicial hacia GSM, subsecuentemente se adopta GPRS y EDGE y al final el despliegue de UMTS, el estándar general de 3G aceptado para GSM. Examinando este camino se descubre las posibles barreras de los operadores de TDMA quienes despliegan GSM. Debido a esto, algunos operadores de TDMA pueden encontrar útil reevaluar la relación costo beneficio total de la opción de GSM y considerar cdma2000 1x (también llamado cdma2000 1xRTT) como una alternativa para ofrecer servicios de 3G. Esto será posible particularmente para operadores a los cuales se les ha asignado la banda de 800 MHz.

2.1 TECNOLOGIAS DE SEGUNDA GENERACION.

2.1.1. ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE TIEMPO TDMA/IS-136.

TDMA es una tecnología de segunda generación usada en comunicaciones de telefonía celular digital, la cual divide cada canal celular en intervalos de tiempo individuales con el fin de incrementar la cantidad de datos a ser transportados. Diferentes implementaciones TDMA mutuamente incompatibles están implementadas en el mundo, la más prolífica es GSM. No obstante, la implementación que comúnmente es referida como TDMA es la definida en el estándar IS-136 por la Asociación de industrias Americanas TIA (Telecommunications Industry Association).

TDMA forma parte de la evolución de los sistemas analógicos de primera generación a los digitales de segunda generación y luego a los de tercera generación. Construido sobre el servicio telefónico analógico móvil avanzado AMPS (Advanced Mobile Phone Service), utiliza la misma banda de frecuencia de 800 MHz, pero también operando en la banda de 1900 MHz de PCS en Estados Unidos. TDMA podría ser considerado como la tecnología menos avanzada de los sistemas móviles de segunda generación, pero a pesar de ello se ha constituido en una de las más populares en USA y desarrolladas en el mundo como una simple actualización de servicio analógico a digital.

TDMA mejora los servicios de AMPS dividiendo cada uno de los canales analógicos de 30 KHz en tres canales digitales divididos en el tiempo, lo cual triplica la capacidad del sistema (llamado D-AMPS). Al igual que AMPS, D-AMPS utiliza rangos de frecuencia dentro del espectro de 800 y 900 MHz, cada proveedor de servicio puede usar la mitad del rango comprendido entre 824 - 849 MHz para recibir señales de teléfonos celulares y la mitad comprendida entre 869-894 MHz para transmitir hacia los terminales celulares. Los canales de recepción en la estación móvil son llamados canales descendentes y los

canales de envío son llamados canales ascendentes. La división del espectro en canales de sub-bandas es lograda usando FDMA. El proceso de TDMA es añadido a cada canal de sub-banda creado con FDMA para triplicar el número disponible de canales.

TDMA IS-136 fue especificado en 1994 y es una evolución del estándar IS-54 (también conocido como D-AMPS). IS-54 usó los tres canales divididos en el tiempo para la información de voz solamente, mientras IS-136 también utilizó TDMA en el canal de control.

Un canal de control digital DCCH (Digital Control Channel) incrementa la capacidad de búsqueda, y comparte en TDMA tráfico y control sobre el mismo radio enlace digital mejorando la eficiencia y reduciendo costos en el Hardware. El DCCH también suministra la plataforma para una nueva generación de capacidades inalámbricas avanzadas.

IS-136 soporta una variedad de servicios digitales de valor agregado al mismo tiempo que es capaz de coexistir con la red AMPS. La compatibilidad inherente entre AMPS y TDMA acoplada con el despliegue de terminales inalámbricos modo dual asegura acceso a la red para los abonados en un área de servicio analógico o digital.

Los más recientes estándares IS-136+ e IS-136HS (basado en EDGE) permiten una velocidad de transmisión de bit más alta, junto con la introducción de GPRS, la capacidad de datos puede ser incrementada al rededor de 473 Kbps por canal. Esta actualización de conmutación por paquetes puede ser introducida en las redes existentes y permite al sistema mantener su compatibilidad hacia atrás.

2.1.2. SISTEMA GLOBAL PARA COMUNICACIONES MOVILES GSM

Desde el comienzo, con la planeación de GSM se deseaba compatibilidad con ISDN en los servicios ofrecidos y en la señalización de control usada. El radio enlace impuso algunas limitaciones, sin embargo, el estándar ISDN de velocidad de bit de 64 Kbps no se logró en la práctica.

La naturaleza digital de GSM permite transmisión de datos tanto en forma síncrona como asíncrona para ser transportados como un servicio portador hacia o desde un terminal ISDN. Los datos pueden utilizar el servicio transparente el cual tiene un retardo fijo pero no garantiza la integridad de los mismos, o un servicio no transparente el cual garantiza integridad de datos a través de un mecanismo de requerimiento de repetición automático (ARQ), pero con un retardo variable. Las velocidades de datos soportada por GSM son 300 bps, 600 bps, 1200 bps, 2400 bps y 9600 bps.

El teleservicio más básico soportado por GSM es la telefonía. Existe un servicio de emergencia, donde el proveedor de servicios de auxilio más cercano es notificado marcando 3 dígitos (similar al 911). El servicio de fax grupo 3 se soporta usando un adaptador apropiado. Una característica diferente de GSM comparado con los sistemas analógicos es el servicio de mensajería corta SMS (Short Message Service). SMS es un servicio bidireccional para enviar mensajes alfanuméricos cortos (de hasta 160 caracteres) en una versión de almacenamiento y reenvío. Para SMS punto a punto, un mensaje puede ser enviado a otro abonado, y se envía un acuse de recibo por parte del receptor hacia el transmisor. SMS se puede usar también en un modo de multidifusión celular, para enviar mensajes como actualizaciones de tráfico o actualización de noticias. Los mensajes se pueden guardar en la tarjeta SIM para ser recuperados posteriormente.

La ITU asignó las frecuencias de 890 - 915 MHz para el enlace ascendente y 935 - 960 MHz para el enlace descendente en las redes móviles en Europa. El método escogido por GSM para aprovechar mejor el ancho de banda es una combinación de TDMA y FDMA. La parte FDMA involucra la división por frecuencia del ancho de banda total de 25 MHz en 124 frecuencias portadoras de 200 KHz. Una o más frecuencias portadoras son asignadas a cada estación base. Cada una de esas frecuencias portadoras es dividida en el tiempo en 8 intervalos usando un esquema TDMA. Un intervalo de tiempo se emplea para transmisión y otro para recepción por el móvil. Los intervalos están separados en el tiempo por lo cual el móvil no recibe y transmite en el mismo intervalo de tiempo, un factor que simplifica la electrónica.

2.1.3. ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE CODIGO CDMA

El acceso múltiple por división de código CDMA (Code Division Multiple Access) es un concepto radical en comunicaciones inalámbricas. CDMA ha ganado difusión internacional siendo aceptado por operadores de radio celular como un mejoramiento que aumenta drásticamente la capacidad del sistema y la calidad del servicio. Igualmente ha sido escogido para el despliegue de PCS por la mayoría de los ganadores de las licencias de espectro en los Estados Unidos.

CDMA es una forma de espectro ensanchado, una familia de técnicas de comunicación digital que en principio fue usada en aplicaciones militares por muchos años. El núcleo principal del espectro ensanchado es el empleo de ruido como onda portadora y como el nombre lo indica anchos de banda mayores de los requeridos para comunicaciones punto a punto a la misma velocidad de datos. Originalmente tuvo dos objetivos: bloquear las comunicaciones para que no fueran captadas por los enemigos y lograr privacidad en las conversaciones.

Las aplicaciones comerciales fueron posibles debido a dos desarrollos evolutivos. Uno fue la disminución de costos, alta densidad de circuitos integrados digitales, los cuales reducen el tamaño, peso y costo de las estaciones móviles a un nivel aceptable. El otro fue la realización de comunicaciones de acceso múltiple donde todas las estaciones móviles regulan su potencia de transmisión al más bajo nivel hasta lograr una calidad adecuada de la señal.

Los receptores de CDMA no eliminan completamente el procesamiento analógico, pero separan los canales de comunicación por medio de un pseudo código de modulación al azar que es aplicado y removido en el dominio digital y no sobre las frecuencias base. Múltiples usuarios ocupan la misma banda de frecuencia debido a que el reuso de frecuencia permite mayor eficiencia espectral siendo esta la marca de calidad de CDMA

CDMA es el proceso de transmisión de datos usando un código. En este proceso, a cada usuario se le asigna una palabra código particular. El usuario primero genera datos, los cuales pueden ser, por ejemplo, la salida de un codificador de palabras. Los datos son generados a una velocidad conocida como velocidad de bit o R_b . Cada bit es multiplicado por el código para lograr el flujo final de salida. El flujo de salida está a una velocidad de datos igual a R_b multiplicado por la longitud de la palabra código G ; esa velocidad es la velocidad de chip o R_c . El proceso de multiplicación por una palabra de código es conocido como ensanchamiento.

Una de las ventajas de CDMA es que reduciendo el factor de ensanchamiento G , un usuario puede incrementar la velocidad de transmisión de datos sin cambiar el ancho de banda de la señal que es transmitida. Esto permite una forma de asignación dinámica de ancho de banda por demanda.

CDMA está mejorando la telefonía celular y comunicación de PCS debido a que proporciona un incremento en la capacidad de tráfico telefónico, un gran perfeccionamiento en la calidad de la voz eliminando los efectos audibles del desvanecimiento por multitrayecto, y además provee mecanismos fiables de transporte para comunicaciones de datos tales como facsímil y tráfico de Internet, reduce los costos de operación y desarrollo por que necesita menos celdas, reduce la potencia promedio transmitida y reduce la interferencia con otros dispositivos electrónicos o electromecánicos.

Se emplean técnicas de control para mantener la potencia transmitida en el mínimo absoluto que se requiere para dar como resultado una llamada de gran calidad. La relación con la capacidad es como sigue:

Menos potencia = menos energía = menos interferencias = mayor capacidad

2.2. TECNOLOGIAS PARA LA EVOLUCION HACIA 3G

2.2.1. SERVICIO GENERAL DE RADIO MODO PAQUETE GPRS

El Servicio General de Radio Modo Paquete GPRS (General Packet Radio Service) es un servicio de valor agregado que permite enviar y recibir información de voz y datos a través de una red de telefonía móvil, complementado con conmutación por circuitos de datos y SMS.

Teóricamente la velocidad máxima alcanzada con GPRS es de 171.2 Kbps utilizando los ocho intervalos de tiempo, permitiendo que la información pueda ser transmitida mas rápida y eficientemente a través de la red móvil.

GPRS facilita conexiones instantáneas por medio de lo cual la información se puede enviar o recibir inmediatamente, sujeto al radio de cobertura. No

necesita conexión por módem debido a que los usuarios de GPRS están todo el tiempo referenciándose para estar "siempre conectados".

GPRS facilita varias aplicaciones nuevas que no han estado disponibles en las redes GSM debido a las limitaciones en velocidad de conmutación por circuitos de datos (9.6 Kbps) y la longitud del servicio de mensajería corta (160 caracteres). GPRS habilita totalmente las aplicaciones de Internet que se utilizan normalmente como buscadores en la web o chat en la red móvil.

La conmutación por paquetes significa que los recursos de radio de GPRS se utilizan únicamente cuando los usuarios están enviando o recibiendo datos. En lugar de dedicar un canal de radio a un usuario de datos móviles por un período de tiempo fijo, la disponibilidad de recursos de radio puede compartirse entre varios usuarios. El uso eficiente del espectro significa que un gran número de usuarios de GPRS pueden compartir potencialmente el mismo ancho de banda y ser atendidos por la misma celda. El número de usuarios soportado depende de la aplicación que se utilice y de la cantidad de datos que se esté transfiriendo. GPRS permite a los operadores aumentar al máximo el uso de sus recursos de la red de una manera dinámica y flexible.

Es importante anotar que hay algunas limitaciones con GPRS, las cuales se pueden resumir así:

- Capacidad limitada de celdas para todos los usuarios.
- Velocidades mas bajas en la práctica.
- Modulación sub optima.
- Retardos de tránsito.
- No hay almacenamiento y reenvio.

2.2.2. VELOCIDADES DE DATOS MEJORADAS PARA EVOLUCION GLOBAL EDGE

Es el segundo paso en el camino de GSM hacia 3G. EDGE cambia el esquema de modulación. El primer paso GPRS es basado en la modulación GMSK el cual produce únicamente un incremento moderado en la velocidad de los datos por intervalo de tiempo sobre GSM.

El nuevo esquema de modulación introducido por EDGE se llama 8PSK el cual permite mucha mayor velocidad de bits. Este es el tipo de modulación utilizado también por WCDMA, así EDGE puede ser un paso intermedio o una solución final para operadores que quieren ganar espectro. La velocidad de datos será casi el triple que la velocidad de GPRS y tendrá mayor capacidad de abonados por estación base.

EDGE esta basada en la tecnología TDMA y está diseñada para introducirse en las redes digitales GSM y TDMA existentes, soportando servicios multimedia hasta una velocidad de transmisión de datos de 384 Kbps por portadora.

EDGE utiliza la misma estructura de trama TDMA, canales lógicos de 200 KHz de ancho de banda y optimiza el espectro radioeléctrico. La principal diferencia radica en que utiliza un esquema de alto nivel de modulación, lo que le permitirá a EDGE equipar canales de radio para soportar hasta 62.5 Kbps por intervalo de tiempo.

EDGE también permite agregar hasta ocho intervalos de tiempo para tener un ancho de banda de hasta 384 Kbps. Estos intervalos de tiempo se utilizan en forma flexible para permitir de esta manera varios servicios simultáneos. Por ejemplo, una llamada de voz en un intervalo de tiempo, búsqueda en Internet en otros dos y vídeo conferencia en el cuarto.

La tecnología EDGE, es diseñada para integrarse en las redes existentes lo que reducirá el costo cuando se implementen las redes de 3G. La base instalada evoluciona y no es remplazada o construida desde el principio lo cual implica menor tiempo para comenzar a comercializar.

2.2.3. ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE CODIGO EN BANDA ANCHA WCDMA

El Acceso múltiple por división de código en banda ancha WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) es la tecnología para el radio acceso seleccionada por el Instituto Europeo de Estándares en Telecomunicaciones ETSI (European Telecommunications Standar Institute) en enero de 1998 para el radio acceso en banda ancha que soporta los servicios multimedia de tercera generación.

Optimizado para permitir servicios multimedia de muy alta velocidad tales como voz, acceso a Internet y videoconferencia, la tecnología provee velocidades de acceso de 2 Mbps en área local y acceso a 384 Kbps en área extendida con movilidad total. Estas velocidades de datos más elevadas requieren una banda ancha de frecuencia de radio, y es por eso que WCDMA ha sido seleccionado con una portadora de 5 MHz, comparado con la portadora de 200 KHz de GSM banda angosta.

UMTS busca dar un paso hacia adelante y extender la capacidad móvil con tecnologías inalámbricas y satelitales, aumentar la potencia, capacidad de datos y ampliar el rango de servicios usando un innovador esquema de acceso de radio y un mejoramiento en el núcleo de la red.

La conferencia mundial de radio WRC 2000 (World Radiocommunication Conference 2000) identificó las bandas de frecuencia de 1885 - 2025 MHz y

2110 - 2200 MHz para el sistema IMT-2000, dejando las bandas de 1980 - 2010 MHz y 2170 - 2200 MHz para la parte de satélites de estos sistemas.

2.2.4. cdma2000 1x

El estándar IS-2000 (cdma200 1x) fue elaborado y publicado por la TIA. 1x ofrece la capacidad para voz de cdmaOne, velocidades de datos promedio de 144 Kbps, compatibilidad hacia atrás con redes cdmaOne y aumenta el desempeño de la red.

1x se refiere a la implementación cdma2000 dentro de la asignación de espectro existente (portadoras de 1.25 MHz). El término técnico es derivado de N=1 (usa la misma portadora de 1.25 MHz como en cdmaOne) y el 1x significa una portadora de 1.25 MHz. cdma2000 1x se puede implementar en el espectro existente o en una nueva asignación de espectro.

Una red cdma2000 1x también introduce servicios de voz y datos simultáneos, baja latencia en transmisión de datos y otros mejoramientos en cuanto al desempeño.

2.2.5. cdma2000 1xEV

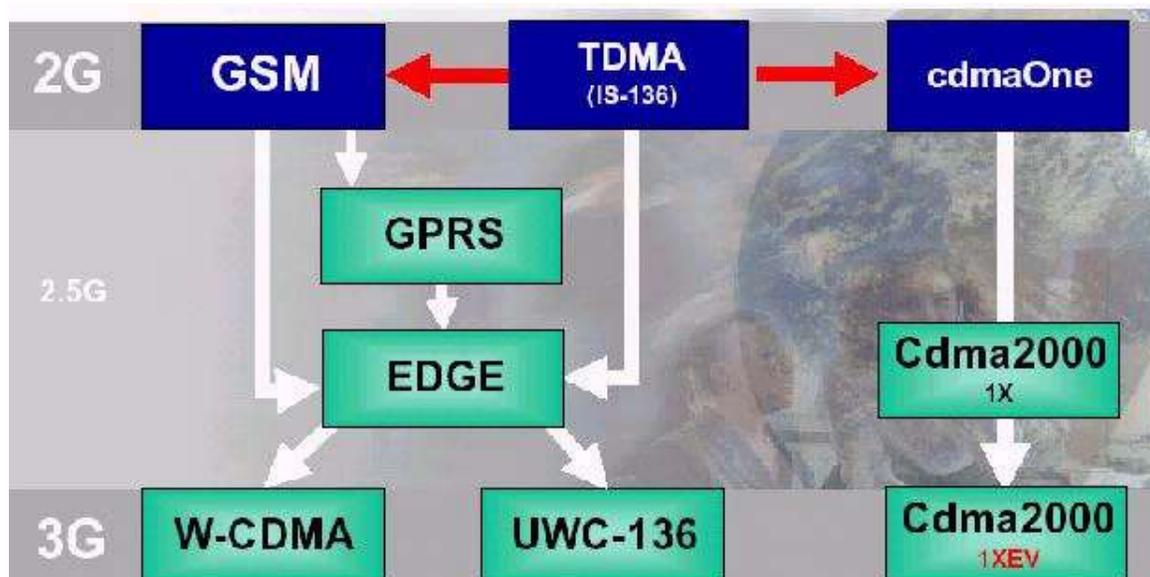
La evolución de cdma2000 1x es conocida como cdma2000 1xEV. 1xEV está dividido en dos pasos: 1xEV-DO y 1x EV-DV. 1xEV-DO es el estándar para la evolución de 1x solamente en datos. 1xEV-DV es el estándar par la evolución de 1x en voz y datos. Los dos pasos de evolución 1xEV suministran servicios avanzados en cdma2000 usando una portadora estándar de 1.25 MHz. Por lo tanto la evolución con cdma2000 continuará siendo compatible hacia atrás con las redes cdmaOne y compatible hacia adelante con cada opción de evolución.

1xEV-DO estará disponible para los operadores de cdma2000 en el 2002 entregando velocidades de datos más altas que los sistemas 1x. 1xEV-DO requiere una portadora separada para datos, pero esta portadora será capaz de cambiar a una portadora 1x si se necesitan servicios de datos y voz simultáneamente. Asignando una portadora separada para datos, los operadores pueden transmitir velocidades de datos de hasta 2 Mbps.

Las soluciones 1xEV-DV estarán disponibles aproximadamente en un año y medio o dos años después de 1xEV-DO. 1xEV-DV traerá servicios de voz y datos para cdma2000 en una sola portadora. La portadora 1xEV-DV proveerá no solamente alta velocidad de datos y voz simultáneamente sino también será capaz de transmitir servicios modo paquete en tiempo real.

2.3 OPCIONES PARA LA EVOLUCION HACIA 3G.

La figura 2.1 ilustra los diferentes caminos para la evolución de una red de 2G hacia 3G.



Fuente: Ericsson

Figura 2.1. Caminos para la evolución de 2G a 3G

2.3.1. CAMINO DE MIGRACION PARA LOS OPERADORES GSM.

El camino de migración para los actuales operadores de GSM visualiza el mejoramiento ofrecido por GPRS y EDGE seguida por la transición a UMTS en un nuevo espectro. La puesta en servicio de GPRS y EDGE puede efectuarse sobre la banda de 900, 1800 y/o 1900 MHz, sobre la cual GSM esta actualmente funcionando. La migración asume la disponibilidad de terminales multimodo/multibanda que permiten interoperabilidad entre GSM (incluyendo GPRS-EDGE) y UMTS, el cual en un futuro estará funcionando en las bandas de 1900 y 2100 MHz.

2.3.1.1. servicios generales de radio modo paquete (GPRS).

Los servicios generales de radio modo paquete (GPRS) son considerados como el primer paso en la transición a 3G. GPRS mejora la red GSM sobreponiendo una arquitectura modo paquete sobre la actual arquitectura de conmutación por circuitos. Esto permite a los operadores de GSM ganar experiencia con la operación de redes modo paquete, facturando por tráfico de paquetes, y transmitiendo aplicaciones IP basadas en paquetes, lo que será una mezcla de conmutación por circuitos y paquetes. En teoría, GPRS permite a las redes móviles conectarse a Internet a velocidades por encima de los 115 Kbps. La velocidad real será de aproximadamente 10 a 40 Kbps, aunque puede llegar a 50 Kbps.

El costo para montar la infraestructura de GPRS es una fracción del costo de montaje de UMTS. Conceptualmente los operadores de GSM están en capacidad de incorporar la infraestructura GPRS en los sistemas futuros UMTS. Esto puede atenuar el riesgo de que GPRS llegue a ser una tecnología sin proyección hacia el futuro que conlleva al riesgo de la inversión de capital. De esta manera la infraestructura GPRS aparece como una buena opción para los operadores GSM que están planeando la transición a 3G. GPRS requiere un terminal modo dual GPRS-EDGE. Una vez que sea alcanzada la economía a

escala de manufactura, los terminales más nuevos tipo GSM-GPRS serán un poco más costosos que los terminales convencionales GSM.

2.3.1.2. Velocidades de datos mejoradas para evolución global (EDGE).

EDGE se está posicionando como un complemento a GPRS mejorando la interfaz de radio de la red GSM. En teoría EDGE integrada con GPRS permitiría velocidades de datos de 384 Kbps. En el mundo TDMA/IS-136, EDGE se establece como una parte integral de una nueva red GSM por lo cual, desplegar una red GSM-EDGE sería más simple que integrar EDGE en una red GSM establecida.

Sin embargo, desplegar EDGE requiere más que una actualización de software debido a que EDGE tiene características de modulación diferentes a TDMA o a GSM. Por ello, GSM-EDGE puede requerir cambios y/o adiciones a los subsistemas hardware de las celdas lo cual podría incluir amplificadores, combinadores, entre otros dispositivos. EDGE puede también requerir cambios para establecer patrones de reuso lo que implicaría cambios a las antenas de las estaciones base. Es de particular importancia que EDGE tenga un calculo de enlace de 4-7 dB por debajo de GSM, por lo cual se requiere estaciones base adicionales para compensar el sistema. Por estas razones la implementación de EDGE puede ser más compleja de lo que se pueda prever.

EDGE utiliza las mismas frecuencias que GSM-GPRS y requiere un terminal trimodo GSM-GPRS-EDGE. Algunos estudios apuntan al reto de la ingeniería de imponer una arquitectura modo paquete sobre las intervalos de tiempo GSM. La prolongación de este reto es auspiciada por la demora en la entrega de los terminales comerciales GPRS y su limitado rendimiento de datos hasta el momento. Sin que exista inconsistencia con esta observación, aún ningún vendedor ha demostrado un prototipo de terminal EDGE. Por estas razones, permanece la incertidumbre de qué tan pronto, los terminales EDGE llegarán a estar comercialmente disponibles y si llegará a estar disponible la velocidad de

datos que se plantea en teoría. Hay un problema adicional en cuanto al costo de los terminales GSM-GPRS-EDGE; aun asumiendo que los terminales EDGE llegarán a estar comercialmente disponibles, algunos operadores GSM no adoptarán EDGE sino que migrarán de GSM o GPRS directamente a UMTS.

2.3.1.3. Servicio de telefonía móvil universal.

El servicio de telefonía móvil universal (UMTS) es el estándar de 3G aceptado para operadores GSM. UMTS requiere canales RF de 5 MHz, cuatro veces más ancho que los canales de 1.25 MHz requeridos para cdma2000. Por esta razón, UMTS algunas veces es referido como CDMA de banda expandida (WCDMA). UMTS incorpora un vocoder variable más eficiente. Al igual que cdma2000 1x, este vocoder incrementa la capacidad de voz de una cantidad de espectro dada. Como hemos anotado, fuera de las Américas, UMTS esta siendo desarrollado en la banda de 1900 MHz (enlace de subida) y 2100 MHz (enlace de bajada). Debido a esto, algunos operadores en América que utilizan la banda de 1900 MHz para PCS, no estarían en capacidad de migrar a UMTS. La asignación de otras frecuencias para UMTS no podría ser posible.

Con excepción de Japón (quien esta construyendo redes UMTS stand-alone), los operadores de UMTS usarán terminales multimodo y multibanda. Estos terminales permitirán handoff entre redes GSM-GPRS (o GSM-GPRS-EDGE) y lo que esté parcialmente desplegado de redes UMTS. El handoff permitirá a los operadores construir redes UMTS mientras la tecnología madura y la demanda evoluciona. Muchos de los operadores en la banda de 800 MHz en Norte y Sur América construyeron redes digitales como extensiones de sus redes analógicas durante mediados de los noventa.

En resumen, la transición a UMTS permitirá la ventaja de inversión gradual de infraestructura, de acuerdo a la demanda. Sin embargo, tendrá la desventaja de terminales costosos y complejos.

2.3.2. CAMINO DE MIGRACION PARA OPERADORES DE TDMA/IS-136.

Originalmente, La migración de TDMA/IS-136 a 3G era paralela a la de GSM a 3G. Los operadores de TDMA han sobrepuesto GPRS basado en paquetes sobre su infraestructura. Posteriormente se tendrá que introducir una interfaz de RF para EDGE. Se asume que los operadores de TDMA desplegarán primero una red GSM sobre su banda asignada comúnmente en 800 y/o 1900 MHz. Esto cubrirá o pondrá en paralelo su red establecida TDMA. Seguidamente, se tomará el camino de los operadores de GSM y migrarán sus redes GSM a GPRS, posiblemente a EDGE, y finalmente a UMTS. En teoría, este cambio en el camino de migración permite a los operadores de TDMA beneficiarse de los avances en investigación, desarrollo y economía a escala empleadas por el mundo GSM.

Esta aproximación tiene sentido. Sin embargo, presenta cambios en la implementación. Los cuatro ítems siguientes aplican a los operadores de TDMA/IS-136 los cuales ocupan la banda de 800 MHz, y los dos últimos aplican a los operadores que ocupan la banda de 1900 MHz.

1. En el presente los equipos GSM están disponibles solo para la bandas de 900, 1800 y 1900 MHz. Ni la infraestructura ni los terminales están aún disponibles para la banda de 800 MHz en la cual tienen desplegado sus sistemas la mayoría de operadores TDMA/IS-136. Algunos proveedores han prometido infraestructura para GSM 800. Esto significa que los operadores TDMA asignados a la banda de 800 MHz no pueden comenzar su migración a 3G hasta que los proveedores entreguen infraestructura GSM 800 y más aún, terminales GSM 800. En Latinoamérica afectaría virtualmente a todos los operadores de TDMA.
2. Debido a los costos y la complejidad, los fabricantes son renuentes a producir terminales AMPS-TDMA-GSM. Por ejemplo, el Siemens S47, a ser

lanzado en USA a finales de 2001, puede ofrecer capacidades multibanda y modo dual pero debido a los costos, no ofrece capacidades analógicas AMPS. Siemens no tiene planes de producir teléfonos AMPS-TDMA-GSM. Sin embargo muchos operadores TDMA/IS-136 en la banda de 800 MHz no han expandido sus redes TDMA/IS-136 a zonas rurales para suministrar la misma cobertura que sus redes analógicas. En zonas urbanas no hay totalidad en cuanto a cobertura digital de redes AMPS-TDMA debido a que se presenta una atenuación mayor en las conversaciones de voz de alta calidad, lo cual es característico en GSM y TDMA/IS-136. En estas zonas urbanas o rurales donde no existe cobertura digital, a medida que las conversaciones TDMA se degradan, los abonados pueden cambiarse de TDMA a AMPS lo cual no es posible para los teléfonos TDMA-GSM debido a que no tienen capacidad para comunicaciones analógicas. En consecuencia, los operadores TDMA en la banda de 800 MHz posiblemente tengan que desplegar mayor (y por ende mayor costo) cobertura de celdas GSM de lo que inicialmente se planeaba. Sin esta medida pueden arriesgarse suministrando servicio de baja calidad a sus abonados GSM. Sin embargo, se prevé que los operadores de TDMA rápidamente construirán sistemas GSM para cubrir esta falencia de cobertura digital. Este problema de cobertura no se presenta con cdmaOne. El enlace RF utilizado CDMA fue diseñado para suministrar cobertura igual o mayor que la de AMPS, lo cual ha sido confirmado con pruebas de campo.

3. No hay un camino común para transferir el portafolio de las aplicaciones y servicios de GSM a las redes TDMA/IS-136, aún con los teléfonos multimodo GSM-TDMA los abonados GSM serán incapaces de usar sus servicios GSM cuando cambien a la red TDMA. Los proveedores y operadores están explorando los medios para solucionar este problema.
4. En la mayoría de países de Norte y Sur América, donde TDMA/IS-136 está en funcionamiento, la parte baja de la banda de 1900 MHz, la cual en otra

parte es asignada a UMTS, se está usando o está reservada para PCS. Esto significa que no hay espectro disponible para operadores TDMA que utilizan la banda de 800 o 1900 MHz, lo que no permitiría migrar de GSM-GPRS-EDGE a UMTS.

2.3.3. CAMINO DE MIGRACION PARA LOS OPERADORES cdmaOne.

El camino inicial de migración para operadores cdmaOne es opcionalmente a CDMA/IS-95-B y luego a CDMA/IS-95-C o CDMA 1xRTT. CDMA 1xRTT es abreviado frecuentemente como cdma2000 1X o algunas veces cdma2000 1x.

El próximo paso de evolución es hacia cdma2000 1x EV-DO (Evolución solamente de datos) el cual se prevé que tendrá disponibilidad comercial para comienzos del año 2002. cdma2000 1x EV-DV (evolución de datos y voz) será promovido en un futuro no muy lejano.

2.3.3.1. cdmaOne/IS-95-A.

cdmaOne/IS-95-A soporta voz por conmutación de circuitos y datos por conmutación de circuitos o paquetes a velocidades superiores a 14.4 Kbps. Debido a la temprana focalización de los proveedores y operadores en la voz, cdmaOne/IS-95-A históricamente ha sido usado para voz por conmutación de circuitos y recientemente para una pequeña cantidad de datos por conmutación de circuitos.

2.3.3.2. cdmaOne/IS-95-B.

cdmaOne/IS-95-B soporta voz por conmutación de circuitos y datos por conmutación de paquetes. Provee teóricamente velocidades de datos por encima de los 115 Kbps, y en la práctica velocidades de 64 Kbps. cdmaOne/IS-

95-B está siendo sobrepasado por la mayor capacidad y velocidad de cdma2000 1x.

2.3.3.3. cdma2000 1x.

cdma2000 1x era llamado históricamente fase 1 de la migración a 3G de cdmaOne. Soporta voz por conmutación de circuitos y datos por conmutación de paquetes sobre el mismo canal de RF. Teóricamente cdma2000 1x permite velocidades de datos por encima de 307 Kbps o mayores, dependiendo del ambiente RF. En Octubre de 2000, en Corea se colocó en operación el primer servicio comercial cdma2000 1x en el mundo en la banda de 800 MHz. Este lanzamiento ilustra tanto la flexibilidad como la capacidad comercial de cdma2000 1x.

2.3.3.4. cdma2000 1x EV-DO.

CDMA2000 1x EV-DO soporta voz y datos de alta velocidad por conmutación de paquetes en canales RF separados. El canal de voz facilita la baja latencia necesaria para transmitir conversaciones bidireccionales. El canal de datos permite enrutamiento flexible y transmisión a bajo costo lo cual es una ventaja de una red por paquetes. cdma2000 1x EV-DO suministra teóricamente velocidades de datos por encima de 2.4 Mbps. La utilización de canales separados para voz y datos requiere más ancho de banda que si se usa un canal combinado.

Es importante reconocer que la migración de cdmaOne a cdma2000 1x va más allá de proveer un uso más flexible del espectro comparado con la migración de GSM a UMTS y de TDMA/IS-136 a través de GSM a UMTS. Bajo los conceptos presentes, GSM no estará disponible para las frecuencias de 1900 y 2100 MHz asignadas para UMTS. UMTS no estará disponible para las frecuencias de 800, 900, 1800 y 1900 MHz asignadas a GSM. Sin embargo los operadores pueden desplegar cdma2000 1x EV-DO (y eventualmente EV-DV)

sobre el espectro disponible en 1900 y 2100 MHz y/o en el actualmente asignado en 800 y/o 1900 MHz.

El uso flexible del espectro es una ventaja de cdma2000 1x que permite a los operadores usar su banda disponible por lo cual cdma2000 1x puede eximirlos del manifiesto costo de licitación para nuevo espectro 3G. Los operadores que desplegaron cdma2000 1x en el espectro asignado actualmente no ganan la capacidad añadida que el nuevo espectro suministra. Sin embargo, esta desventaja es superada por el algoritmo de codificación más eficiente que utiliza cdma2000 1x. Este algoritmo dobla la capacidad teórica de cdmaOne, aunque en la práctica la ganancia de capacidad sin degradación de voz, será más cercana al 50%. Debido a que GPRS es una arquitectura de red, no una interfaz RF, no puede proveer ganancia en su capacidad, como sucede como con EDGE y UMTS.

2.4 cdma2000 1x COMO UNA ALTERNATIVA PARA LOS OPERADORES TDMA/IS-136.

Se han comparado brevemente los caminos de migración a 3G comúnmente asumidos para TDMA/IS-136 y cdmaOne. No se cubrieron las siguientes 4 barreras potenciales para los operadores de TDMA que pueden adoptar GSM:

1. La disponibilidad incierta de infraestructura GSM 800 y especialmente terminales TDMA-GSM.
2. La incertidumbre de si los terminales TDMA-GSM permitirán acceso a las aplicaciones y servicios de GSM sobre las redes TDMA.
3. La posible necesidad de desplegar una red GSM más densa de lo inicialmente previsto.
4. La disponibilidad incierta de espectro en 1900 y 2100 MHz que permitiría migración hacia UMTS.

Los operadores TDMA/IS-136 que ocuparon la banda de 800 MHz afrontarán las cuatro barreras. Para los operadores TDMA/IS-136 que ocuparon la frecuencia de 1900 MHz, la infraestructura GSM esta disponible y algunos proveedores están prometiendo terminales TDMA-GSM para finales del año 2001. Estos operadores han desplegado redes para suministrar cobertura digital aceptable.

Sin embargo, al igual que los operadores de TDMA 800, aún cuando los terminales TDMA-GSM lleguen a estar disponibles, es incierto si permitirán a los abonados acceder a aplicaciones y servicios GSM sobre redes TDMA. Asimismo, los operadores TDMA 800 enfrentan la disponibilidad incierta de espectro UMTS.

Permitiendo la transición a 3G en el espectro actualmente ocupado, en 800 o 1900 MHz, cdma2000 1x supera estas incertidumbres. La infraestructura y terminales cdma2000 1x están disponibles para las frecuencias de 800 y 1900 MHz. Todos los terminales cdma2000 1x para 800 MHz tienen un modo analógico, por medio de esto se asegura cobertura de las zonas no digitalizadas en la red. Finalmente, el 50% o más de la eficiencia de cdma2000 1x y sus derivados suministran capacidad para aplicaciones con mayor ancho de banda.

Estas son la principales ventajas y por estas razones, los operadores TDMA/IS-136 pueden encontrar útil reevaluar la relación costo beneficio de GSM contra cdmaOne y considerar cdmaOne y su camino de evolución para permitir servicios de 3G.

2.5 CDMA Vs GSM.

2.5.1. COMPARACION EN CUANTO A COBERTURA.

CDMA suministra un radio celular máximo de casi el doble del radio disponible con GSM TDMA en cada morfología. Los radios del sitio celular real pueden diferir si la red es limitada en capacidad más que en cobertura. La tabla 2.1 nos presenta una comparación de las alternativas digitales entre CDMA y GSM TDMA.

	CDMA		GSM TDMA	
Morfología y penetración permitida In-building	Radio celda	Area de cobertura máxima (Km ²)	Radio celda	Area de cobertura máxima (Km ²)
Urbana Densa (15 dB)	1.59	6.6	0.84	1.8
Urbana Libiana (15 dB)	2.11	11.6	1.12	3.3
Suburbana (10 dB)	5.61	81.8	3.00	23.4
Rural (10 dB)	21.44	1,194.5	11.05	317.4

Tabla 2.1. Area de cobertura y radio de la celda en CDMA y GSM TDMA

2.5.2. Comparación en cuanto a la calidad de servicio.

El desvanecimiento por multitrayecto degrada la calidad de la voz en los sistemas GSM TDMA o en sistemas analógicos. CDMA toma ventaja de las señales multitrayecto empleando "receptores rastreadores" para mejorar la calidad de voz. Los receptores rastreadores siguen la huella de las señales y el multitrayecto independientemente, y la suma de las señales es usada como señal para la demodulación.

GSM emplea un vocoder de 13 Kbps de velocidad fija y métodos digitales de interpolación de voz. Los vocoders CDMA siempre transmiten por lo menos a

una velocidad de voz de 1200 bps lo cual se refleja en una calidad de voz natural. La velocidad variable de los vocoders CDMA usan el espectro de frecuencia más eficientemente produciendo una velocidad promedio de datos significativamente menor que la velocidad pico.

Es importante garantizar a los usuarios continuidad en las llamadas incluso cuando se realiza cambio de celda o de sector. GSM TDMA utiliza handoff forzado, el cual trae como resultado algunas veces la caída de las llamadas. CDMA utiliza handoff suave entre celdas y handoff más suave entre sectores de la misma celda suministrando total transparencia a los usuarios ya que al menos una celda mantiene contacto en todo momento, sin la existencia de retardos causados por el efecto "ping-pong" entre celdas, mejorando la calidad de voz y datos mientras sucede el handoff. Debido a esto la tasa de caída de llamadas es mucho más pequeña que en GSM TDMA.

CDMA emplea control de potencia del enlace ascendente y descendente para asegurar la calidad de voz mientras minimiza la potencia de salida y los niveles de ruido resultantes. Las redes CDMA monitorean la relación señal a ruido SNR (Signal to Noise Ratio) y la tasa de error de bit BER (Bit Error Rate).

Con el fin de asegurar continuidad en la llamada en GSM TDMA, tanto el móvil como la celda mantienen un nivel de potencia de transmisión más alto que el requerido. Esta aseveración ayuda a prevenir la caída de llamadas cuando el móvil se mueve en un área sombreada o experimenta una caída momentánea de la SNR. La potencia total incrementa el ruido en el sistema y descarga la unidad de batería de abonado más rápidamente.

Los sistemas GSM TDMA mantienen la calidad de la señal a costo de una potencia promedio de transmisión del móvil de 200 mW que es relativamente alta. Los sistemas CDMA con control de potencia usan una potencia promedio de transmisión del móvil de aproximadamente 2mW.

La naturaleza digital de GSM suministra seguridad mejorada con respecto a AMPS pero la tecnología CDMA tiene características de seguridad mucho más avanzadas las cuales son soportadas por su diseño realizado con cerca de 4.4 trillones de códigos, lo que permite eliminar virtualmente la clonación y otros tipos de fraudes. CDMA mezcla y codifica conversaciones para transmitir las por medio de la interfaz de radio, suministrando un alto grado de seguridad y permitiendo una transmisión más inmune al crosstalk.

Se puede ver claramente analizando la Tabla 2.2 que la tecnología CDMA es la que posee mayor capacidad, además de la eficiencia en cuanto al uso del espectro ya que el factor de reuso es uno, lo cual implica una reducción en costos para el operador por requerir un menor número de portadoras. La capacidad máxima por BTS en redes CDMA es tres veces mayor que la capacidad ofrecida por la tecnología GSM, y es el doble de la ofrecida por la tecnología TDMA, lo cual refleja ventaja en cuanto a costos puesto que CDMA requiere un menor número de BTS en el diseño e implementación de una red móvil.

	CDMA 3 SECTORES	GSM 3 SECTORES	TDMA 3 SECTORES	AMPS 3 SECTORES
No de sectores/BTS	3	3	3	3
No de elementos de canal HW por sector/portadora	32	8	24	24
No. Máximo de portadoras	8	50	333	333
Ancho de banda de portadora en MHz, bidireccional	2.50	0.40	0.06	0.06
Canales de tráfico efectivos por portadora por sector	14	7.5	3	1
No. Máximo de portadoras por BTS	7	49	332	332
Factor de reuso de frecuencia	1	12	21	21
Capacidad máxima por BTS	294	91	142	47

Tabla 2.2. Comparación en cuanto a capacidad de las tecnologías CDMA, GSM, TDMA y AMPS

Como referencia para mayor información acerca de la temática tratada en el presente capítulo se tienen los siguientes sitios en Internet:

<http://www.ericsson.com/edge/>

<http://www.cdg.org>

<http://www.3gpp2.org>

<http://www.uwcc.org/>

<http://www.iec.org/online/tutorials/tdma/>

<http://www.gsmworld.com/index1.html>

<http://www.ericsson.com/wcdma/>

3. ARQUITECTURA DE UNA RED DE TERCERA GENERACION cdma2000

Luego de realizar un breve análisis de las tecnologías existentes en el mercado como opción de evolución hacia los sistemas de tercera generación, se hace una especificación de la arquitectura que presenta una red de tercera generación la cual utiliza la tecnología cdma2000 como interfaz de radio. Para ello se debe analizar los diferentes módulos propuestos por organizaciones que emiten estándares tales como el Grupo de desarrollo de CDMA CDG (CDMA Development Group) y el 3GPP2.

La red cdma2000 consta de los subsistemas presentados en la figura 3.1.

3.1 CENTRO DE CONMUTACION MOVIL MSC.

Dentro de los componentes de la red cdma2000 se encuentra el centro de conmutación móvil MSC (Mobile Switching Center) el cual tiene como función principal la integración efectiva de la tecnología relacionada así como también la aplicación de la misma, para ello se basa en los estándares internacionales que emiten las especificaciones correspondientes.

El MSC debe tener una arquitectura abierta en la cual el hardware y el software funcionen de manera modular, además debe permitir que el sistema se pueda mejorar de forma flexible de acuerdo a los desarrollos tecnológicos. Está diseñado para ser expandido con cambios mínimos al sistema, la capacidad adecuada se puede seleccionar y cambiar de acuerdo a los diferentes ambientes de las redes.

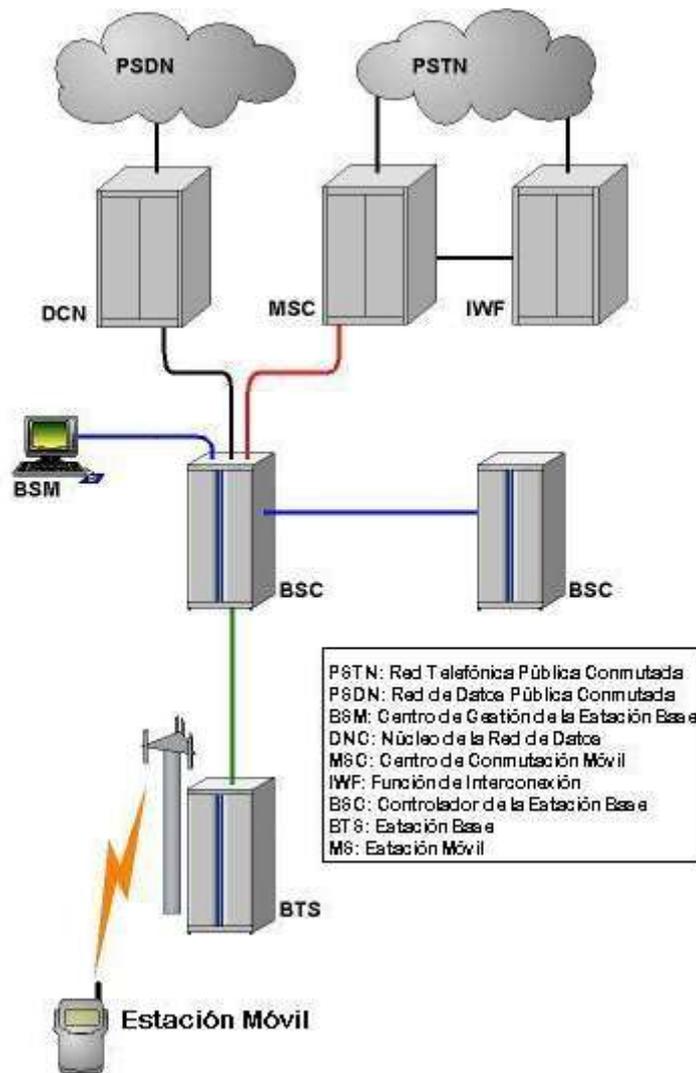


Figura 3.1. Elementos de una red cdma2000

3.1.1. GENERALIDADES DEL MSC.

3.1.1.1. Sistema de control de dispersión.

El MSC tiene una arquitectura multiproceso basada en microprocesadores, con una estructura de dos capas en la cual el procesador superior controla al procesador mas bajo.

El procesador superior el cual es llamado procesador principal MP (Main Processor) realiza las funciones de la capa superior tales como procesamiento de una llamada de un abonado móvil, operación y control de

la misma, mantenimiento y reparación. El procesador inferior, el cual es llamado procesador periférico PP (Peripheral Processor), realiza funciones de la capa inferior tales como el monitoreo del sistema de enrutamiento de la llamada, análisis y procesamiento de señalización, el cual requiere procesamiento en tiempo real.

Debido a que varias funciones se dispersan en múltiples procesadores, es fácil adicionar nuevas funciones o expandir capacidad, y los efectos de fallas en una o en varias funciones se minimiza.

3.1.1.2. Sistema de operación de procesamiento en Paralelo.

Los sistemas de conmutación digitales realizan procesamientos simultáneos de cientos de procesos en tiempo real.

El MSC utiliza un sistema operativo en tiempo real simultáneo CROS (Concurrent Real-time Operating System) desarrollado para aplicaciones de lenguaje de alto nivel del CCITT-CHILL (CCITT high level language) que soporta paralelismo en los procesos.

3.1.1.3. Sistema de gestión de la base de datos DBMS.

El MSC maneja la creación de datos, cambios y eliminaciones a través del sistema de gestión de base de datos DBMS (Data Base Management System). Cuando el DBMS maneja datos se realizan cambios en los datos eficazmente, se reducen los datos duplicados y se estandariza la presentación de los mismos para una operación efectiva del sistema.

3.1.1.4 Redundancia.

El MSC duplica los dispositivos principales tales como el procesador, la red de comunicación entre los procesadores, el dispositivo de conmutación, el enlace de datos, y los dispositivos de sincronización de la red.

Las estructuras de redundancia seleccionadas son duplicación activo-standby, duplicación en carga compartida, y estructura de redundancia $n + k$.

Las funciones principales realizadas por el MSC son el procesamiento de llamadas, la gestión de movilidad, provisión de servicios auxiliares como llamada en espera, transferencia de llamada, conferencia telefónica móvil, presentación de identificación de llamada, etc., y funciones de registro de ubicación de visitantes VLR (Visitor Location Register).

3.1.2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.

El MSC realiza las siguientes funciones para el procesamiento de llamadas de abonados móviles.

3.1.2.1. Sistema e interfaz de la red.

La interfaz del MSC con el controlador de la estación base BSC (Base Station Controller) para enviar y recibir señales y tráfico de datos, y mejorar la interfaz entre el abonado móvil y el abonado conectado a otras redes tales como la red telefónica pública conmutada PSTN (Public Switching Telephone Network), la red digital de servicios integrados ISDN (Integrated Service Digital Network) y la red multimedia pública conmutada PSMN (Public Switched Multimedia Network). También la interconexión entre el MSC con la función de interconexión avanzada AIWF (Advanced InterWorking Function), que es un sistema requerido para suministrar a los abonados móviles servicios de comunicación de datos tales como fax y comunicaciones vía modem para el procesamiento de llamadas de datos. Por consiguiente, el abonado móvil puede usar fax o modem para comunicaciones de datos utilizando su estación móvil.

3.1.2.2. Enrutamiento e itinerancia con otro proveedor de servicio.

El MSC realiza enrutamiento de las llamadas que terminan de otras redes de servicio (PSTN, ISDN, PSMN, etc.) e itinerancia sobre las llamadas entrantes

de otras redes proveedoras de servicio. Para esta función, el MSC busca la información del número de enrutamiento asignado al abonado llamado en el registro de ubicación local HLR (Home Location Register), y lo notifica al MSC que origina la llamada.

El MSC también analiza la información de la llamada saliente dentro de su área y la conexión con el MSC del abonado llamado para enrutar la llamada correspondiente.

3.1.2.3. Procesamiento de Handoff.

El MSC soporta handoff cuando la estación móvil se mueve de una celda a otra. Por consiguiente, el MSC soporta handoff entre estaciones base BTS (Base Station Transceiver System), handoff entre BSC y handoff entre MSC.

3.1.2.4. Autenticación y encriptación.

El MSC verifica la legalidad del abonado móvil y del servicio, y realiza las funciones de autenticación y de encriptación para prevenir la intervención de las llamadas. Para esta función, el MSC interactúa con el VLR interno y el HLR para analizar si el abonado es auténtico, si el abonado tiene registrado el servicio, y también proporciona funciones de encriptación para tráfico de datos y de señales, como un tipo de servicio auxiliar.

3.1.2.6. Otras funciones.

El MSC interactúa con varios sistemas de cdma2000 para suministrar varios servicios auxiliares además de las interfaces con el centro de facturación para realizar el corte de manera centralizada. También el MSC realiza funciones de señalización de línea y funciones para suministrar servicios de red inteligente.

3.1.3. ARQUITECTURA DEL MSC.

El MSC consta de los siguientes subsistemas para modularizar las funciones, expandir fácilmente el sistema y facilitar los cambios que en este se realicen.

3.1.3.1. Subsistema de acceso de conmutación ASS.

El ASS (Access Switching Subsystem) es un módulo el cual conecta al MSC con la red externa o con el BSC para realizar funciones de procesamiento de llamadas. Las interfaces con el subsistema de interconexión de red INS (Interconnection Network Subsystem) se realiza a través de enlaces ópticos, y provee funciones de procesamiento de señalización SSNo.7 para conexión con la red externa o con el BSC.

3.1.3.2. Subsistema de interconexión de red INS.

El INS se localiza en el centro del sistema y conecta al ASS, al CCS (Central Control Subsystem) y al LRS (Location Registration Subsystem) realizando funciones de procesamiento de llamadas.

Para hacer esto posible, el INS conmuta varios datos recibidos desde el ASS a través de una matriz especial y realiza control para comunicación entre procesadores transmitiendo a cada subsistema.

Adicionalmente, el INS crea un sistema de reloj y distribuye los relojes, y las interfaces con cada ASS a través de un enlace óptico.

3.1.3.3. Subsistema de control central CCS.

El CCS es un subsistema que realiza las funciones de operación, mantenimiento y funciones de reparación del MSC.

Las funciones que realiza el CCS son entre otras la de funcionamiento del sistema incluyendo cobros y estadísticas, mantenimiento del sistema y reparación incluyendo gestión de configuración, monitoreo del estado del

sistema y manejo de fallas, almacenamiento de gestión incluyendo cintas de audio digital DAT (Digital Audio Tape) y disco duro HDD (Hard Disk), funciones de interfaz de operador incluyendo entrada y salida de procesamiento de mensajes, gestión de la base de datos, interconexión con el centro de facturación y centro de operación, mantenimiento y reparación OMC (Operation and Maintenance and repairs Center) a través de una estación de trabajo externa.

3.1.3.4. Subsistema de registro de localización LRS.

El LRS almacena y gestiona la información de los abonados móviles en el área del MSC, e interactúa con el HLR para realizar la autenticación y registrar la localización de los abonados móviles.

Las funciones del VLR realizadas por el LRS son: función de gestión de número, función de procesamiento de llamada, función de autenticación y encriptación, registro de localización, función de búsqueda de la estación móvil, función de rastreo de abonado y función de renovación de fallas del HLR y del VLR.

3.2. REGISTRO DE UBICACION LOCAL Y CENTRO DE AUTENTICACION HLR/AuC

El HLR/AuC es un sistema en el cual se implementan el registro de ubicación local y el centro de autenticación en uno solo. Además, HLR/AuC elabora y libera el registro de localización, soporta funciones de autenticación, soporta servicios de mensajería corta, gestión de la información de abonado y registro y liberación de varios servicios auxiliares. También, maneja el número serial electrónico ESN (Electronic Serial Number) para verificar la legalidad del terminal, además realiza funciones de autenticación para determinar la legalidad de un abonado móvil y de los servicios disponibles.

Para realizar estas funciones, el HLR/AuC se debe configurar como un sistema capaz de tolerar fallas y procesar bases de datos en tiempo real.

El HLR/AuC debe proporcionar una pantalla con interfaz de usuario gráfica de fácil operación. Utilizando esta interfaz, el operador puede realizar la inicialización, gestión de configuración, gestión de estadísticas, gestión de estados y manejo de fallas, y pruebas sobre el HLR/AuC.

3.2.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL HLR/AuC.

3.2.1.1. Registro de notificación.

Es una función que almacena en una base de datos la ubicación normal de cada terminal dentro de la red CDMA registrando las localizaciones en tiempo real, para procesamiento efectivo de las llamadas terminadas en la estación móvil. Cuando la estación móvil registra su localización, se almacena la información del MSC/VLR en el cual se localiza el terminal.

3.2.1.2. Registro de cancelación.

Función que borra la información acerca del terminal almacenada en el MSC/VLR cuando la estación móvil se mueve hacia el área de otro MSC/VLR, cambiando la información de localización acerca de la estación móvil al nuevo MSC/VLR.

3.2.1.3. Procesamiento de llamada.

Cuando el requerimiento de llamada entrante se recibe en la estación móvil, el HLR obtiene la información de la ruta asignada al número de directorio local temporal TLDN (Temporary Local Directory Number) desde el MSC/VLR en la cual se localiza la MS receptora y suministra la información al MSC/VLR en el cual se localiza la MS llamante. Al HLR no le interesa la llamada entrante, pero responde al requerimiento del MSC/VLR. La figura 3.2 presenta un diagrama de secuencia para el procesamiento de una llamada entrante.

3.2.1.4. Función de selección del sistema de direccionamiento de la red NDSS.

NDSS (Network Directive System Selection) es una función que permite a la estación móvil seleccionar el sistema con la versión apropiada para una operación del servicio efectiva. Cuando un terminal tiene diferente registro de localización de la red o requiere configuración de llamada, el HLR notifica la información del NDSS al terminal para registrar la localización o requerimiento de configuración de llamada con una versión apropiada.

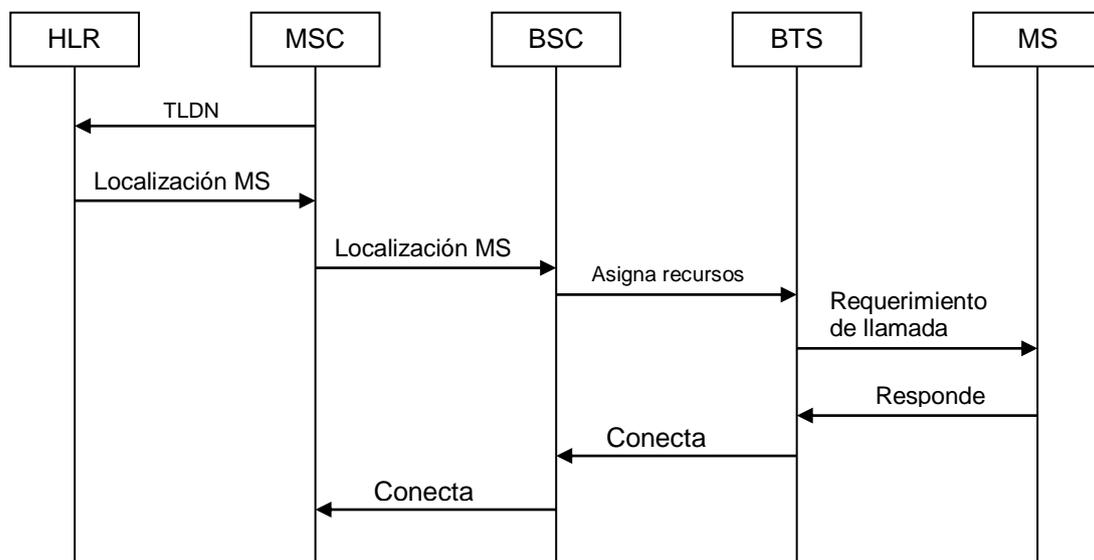


Figura 3.2. Procesamiento de una llamada entrante

3.2.1.5. Gestión de información de identidad de estación móvil internacional IMSI.

IMSI (International Mobile Station Identity) es el número de identificación del abonado móvil utilizado para itinerancia internacional. El HLR maneja la información del IMSI para permitir llamadas entre terminales en redes nacionales y terminales en redes internacionales.

3.2.1.6. Función de autenticación y encriptación.

El HLR provee funciones de autenticación para verificar el terminal y la información de abonado para bloquear el uso de servicios no permitidos o terminales ilegales. Para este propósito, cada estación móvil y cada red tiene una clave secreta. Cuando se necesita el proceso de autenticación, la estación móvil y la red ejecutan algoritmos de autenticación idénticos, y comparan los resultados para verificar la legalidad de la estación móvil y del servicio.

A los abonados se les permite el servicio de red CDMA únicamente después de pasar por los procedimientos de autenticación. Los abonados que son habilitados para utilizar los servicios de comunicación móvil a través del procedimiento de autenticación pueden seleccionar la encriptación del tráfico de datos, y encriptación del mensaje de señalización o seleccionar el camino de llamada.

3.2.1.7. Función de gestión de seguridad.

Es una función de control de acceso al HLR que asigna categorías de autorización al operador dándole capacidad para habilitar funciones del HLR. Las categorías están dadas por el supervisor cuando automáticamente crea la clave durante la iniciación del HLR. Los comandos que se pueden utilizar son limitados para cada categoría del operador. Las categorías del operador son de 3 tipos. Los comandos que pueden ser entregados al operador por cada categoría se muestran a continuación.

Categoría 1: Todos los comandos sobre el HLR son ejecutables.

Categoría 2: Se puede mostrar información sobre estadísticas, redes, y abonados.

Categoría 3: se puede mostrar únicamente información de abonado.

3.2.2. ESTRUCTURA DEL HLR/AuC.

3.2.2.1. Procesador principal del HLR, HLP

El HLP (HLR Main Processor) es el procesador central del HLR, el cual utiliza los protocolos de parte de transferencia de mensajes MTP (Message Transfer Part), Parte de control de la conexión de señalización SCCP (Signaling Connection Part), parte de aplicación de la capacidad de transacción TCAP (Transaction Capability Application Part) para procesamiento de señalización por canal común.

También consta de un elemento de servicio de aplicación ASE (Application Service Element) el cual ejecuta el protocolo de aplicaciones móviles MAP (Mobile Application Protocol) procesándolo de acuerdo a las especificaciones de conexión del servicio para la serie IS-41, y funciones de subsistemas de bases de datos que manejan información de abonado las cuales se ejecutan en tiempo real.

3.2.2.2. Procesador de operación y mantenimiento OMP.

El OMP (Operation & Maintenance Processor) se conecta con el procesador principal HLP utilizando una conexión Ethernet redundante, y se configura como una estación de trabajo separada. Este se utiliza para funciones de operación, mantenimiento y reparación, además realiza gestión de la base de datos, y de los protocolos MTP, ASE, TCAP y SCCP. La conexión con el centro de gestión de red se realiza a través de Ethernet.

La figura 3.3. se muestra los elementos y las conexiones del HLR.

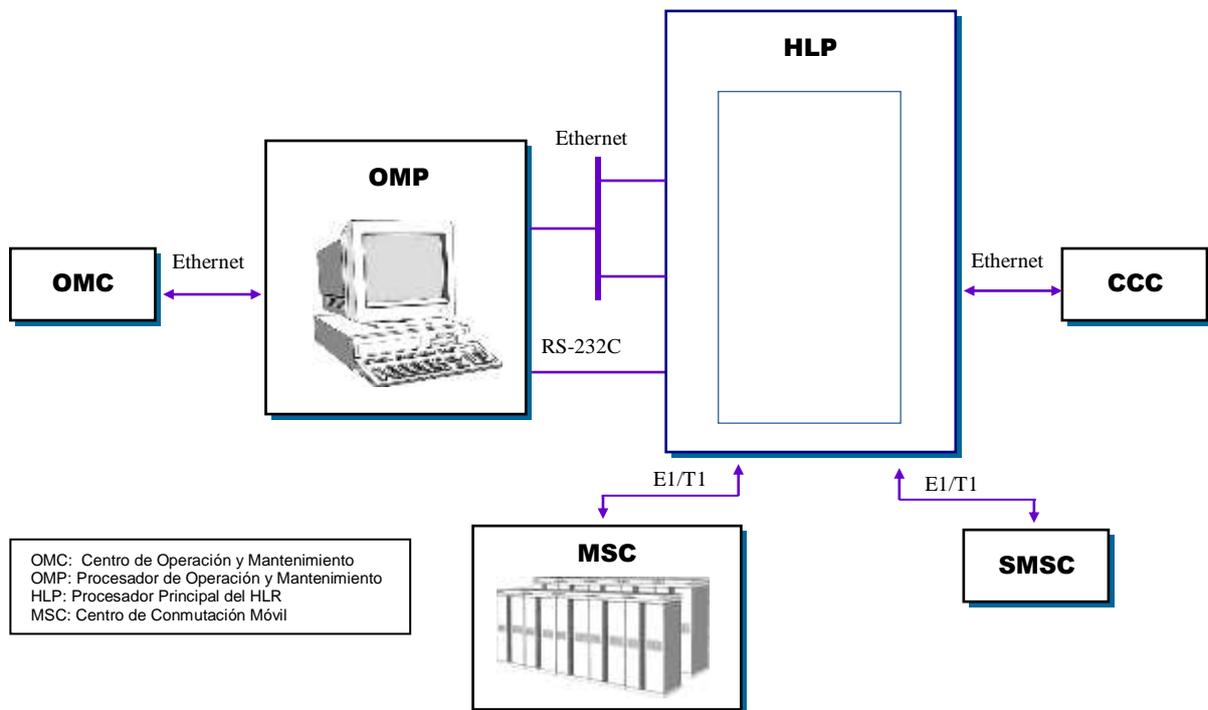


Figura 3.3. Estructura básica del HLR

3.2.2.3. Hardware.

HLP

El HLP consta de dos juegos de CPU, cada uno con su memoria correspondiente, un módulo CAF el cual notifica el estado interno del sistema, un disco duro que almacena información del sistema, un subsistema I/O encargado de suministrar el enlace de señalización No. 7 y un subsistema de potencia el cual suministra la potencia requerida para operación del sistema.

Unidad de procesamiento central CPU.

Se deben instalar dos juegos de CPU en una estructura redundante. Las CPU se comunican usando un camino de datos de barras cruzadas que se compone de un puerto estructurado en cinco segmentos de alta velocidad. Entre los cinco segmentos, dos suministran los módulos pares de la CPU,

dos proveen el sistema de I/O y el ultimo se utiliza para suministrar la memoria principal. El disco duro y los órganos de interfaz de red se utilizan como puente entre el buffer de barras cruzadas y la interfaz de comunicación periférica PCI (Peripheral Communication Interface).

Memoria principal.

La memoria consta de cuatro módulos de memoria DIMMs (Dual-Inline-Memory-Modules). El flujo de datos entre el buffer de barras cruzadas y la memoria principal utiliza protección. Cuando se leen o se escriben datos, los datos se transfieren en paralelo a los cuatro módulos.

Subsistema de potencia.

Este subsistema suministra la potencia requerida en el sistema, con una potencia básica de -48V. El subsistema de potencia se diseña basado en el concepto N+1. También debe soportar dos puertos uno TCP/IP y otro 10/100 Base T para conexión con el IWF y para la gestión del módulo HLR.

Disco duro HDD.

El HDD es el medio de almacenamiento usado en el sistema, el cual se instala en este módulo donde generalmente se instalan dos discos por sistema.

Módulo de Interfaz PCI.

Un componente de la tarjeta madre es el puente de la PCI el cual permite conectar la CPU y los órganos de I/O. Cada transacción de I/O se monitorea aquí para detectar fallas en la CPU, y discrepancia en direcciones que podría indicar una falla en los dispositivos I/O. Cualquiera de estas condiciones activa un proceso de recuperación de falla.

3.2.2.4. Software.

El software del HLR se estructura en varios subsistemas entre los cuales se encuentran un subsistema de aplicación de entidad, un subsistema de base

de datos, un subsistema de señalización común, y un subsistema de operación y mantenimiento.

Subsistema de Entidad de Aplicación

El subsistema de entidad de aplicación se configura en el HLP del HLR, y se refiere a la capa de aplicación, la cual es la séptima capa en el modelo de referencia OSI. Provee funciones de comunicación entre procesos de aplicación compuestos por entidades de aplicación, y transfieren información entre procesos de aplicación.

Subsistema de base de datos.

El subsistema de base de datos se configura en el HLP del HLR, manejando eficazmente y almacenando la información de un abonado en un sistema de comunicación móvil digital.

Subsistema de señalización de línea común.

El subsistema de señalización de línea común se configura en el HLP del HLR. Procesa la interfaz de protocolo No.7 y el método de señalización No.7 entre los elementos de la red.

Subsistema de operación, gestión y reparación.

El subsistema de operación y mantenimiento se configura en el OMP. Recoge y almacena varia información referente al estado del hardware y del software, y a las estadísticas del estado del enlace de señalización No.7 sobre el sistema. También provee interfaz de usuario gráfica que permite al operador realizar funciones de gestión, envía datos al centro de gestión de la red, referentes al estado de fallas y estadísticas.

3.3. CONTROLADOR DE LA ESTACION BASE BSC.

En una red cdma2000 el controlador de la estación base realiza sus funciones conectándose por medio de un enlace E1/T1 o de un enlace STM-1 con la estación base.

El BSC utiliza el modo de transferencia asincrónico ATM (Asynchronous Transfer Mode) para comunicación entre procesos internos, con BTS's en el nivel mas bajo, y entre BSC's. La red ATM permite al BSC mantener un camino de comunicación más estable con capacidad de procesar mayor carga de tráfico. El BSC se conecta con otros elementos de la red cdma2000 con enlaces E1/T1, STM-1 y Fast Ethernet.

En el proceso de llamada el BSC se conecta con el MSC y el núcleo de la red de datos DCN (Data Core Network). El BSC se conecta con la PSTN por medio del MSC para llamadas de voz. Para llamadas de datos por conmutación de circuitos se establece una comunicación vía modem, donde el BSC se conecta a la PSTN a través del MSC y la función de interconexión IWF (Interworking Function). Para llamadas de datos modo paquete o conexión a Internet, el BSC se conecta con la red de datos pública conmutada PSDN (Public Switched Data Network) por intermedio del DCN. Las conexiones mencionadas se muestran en la figura 5.8.

El BSC permite a los abonados de la red cdma2000 aprovechar los servicios basados en las especificaciones IS-2000.

3.3.1. GENERALIDADES DEL BSC.

3.3.1.1. Métodos de compresión.

El BSC puede comprimir llamadas de voz para procesar mayor cantidad de tráfico con los mismos recursos. El BSC soporta compresión 8 Kbps EVRC, 8 Kbps QCELP y 13 Kbps QCELP, y provee múltiple codificación de voz permitiendo a los mismos paneles de codificación de voz soportar varios métodos de compresión de llamadas de acuerdo a la elección del operador. Entretanto, el BSC enruta las llamadas de datos o de voz modo circuito que han sido comprimidas con el mismo método.

3.3.1.2. Red ATM.

El BSC utiliza una red ATM como camino para comunicar abonados de voz, señales de tráfico de datos y señales de control entre procesos. El sistema cdma2000 procesa señales de tráfico de abonado a gran escala por medio de la red ATM, con varios tipos de servicios multimedia y con buena calidad de servicio QoS (Quality of Service). Adicionalmente, esto consolida las funciones de operación y mantenimiento como diagnósticos, estados y estadísticas de rutas ATM y elementos para implementar operación y mantenimiento en la misma red.

3.3.1.3. Estructura modular.

El hardware del BSC es modularizado posibilitando la ampliación del sistema únicamente con agregación de módulos sin cambiar su estructura. También el software que se ejecuta en los procesos del BSC tiene una estructura modular, por tal motivo las funciones software son cambiadas o adicionadas con mínimas modificaciones en el sistema interrumpiéndose el servicio únicamente para cambiar módulos software.

3.3.1.4. Construcción económica de la red.

El BSC adopta la capa AAL2 (ATM Adaptation Layer type 2) para señalización de tráfico de voz en segmentos E1/T1 entre el BSC y la BTS, y entre la red de conmutación ATM GAN (General ATM switch Network) y los enrutadores que realizan el handoff suave entre MSC's IMSHO (Inter MSC Soft Handoff) de alto nivel. La capa AAL2 multiplexa señales de tráfico de diversos abonados en un simple circuito virtual VC (Virtual Circuit) de ATM para transmisión y recepción. Esto aumenta la eficiencia de las troncales, haciendo que el costo de construcción de la red disminuya.

3.3.1.5. Operación del sistema.

El operador puede controlar fácilmente el BSC desde el centro de gestión BSM (Base Station Manager). La BSM despliega gráficamente el estado de

los componentes del sistema, así el operador puede chequear mejor el estado del mismo y tomar las medidas necesarias. También la BSC se conecta con sistemas externos vía Ethernet o vía modem para puesta a punto y mantenimiento remoto.

Adicionalmente, el BSC suministra estadísticas, configuración, estado, fallas, diagnóstico y pruebas para una operación conveniente del sistema.

3.3.2. CARACTERISTICAS PRINCIPALES.

3.3.2.1. Control de la BTS.

El BSC controla las BTS para que puedan realizar la asignación de canales, búsqueda y handoff. Para esta función, el BSC se conecta con las BTS utilizando enlaces E1/T1 o enlaces STM-1, y envía y recibe señales utilizando un protocolo de comunicación entre procesadores.

3.3.2.2. Codificador de voz.

El BSC realiza la decodificación cuando convierte la señal de voz comprimida del abonado desde la estación móvil a una señal PCM, y codifica cuando vuelve a convertir la señal de voz PCM en señales de abonado comprimidas. La codificación de voz se realiza en el procesador de señalización digital DSP (Digital Signalling Processor) dentro del BSC.

3.3.2.3. Supresión de eco.

Esta función se encarga de cancelar el eco generado durante la conexión con la PSTN. Además, el BSC es capaz de procesar eco de 32 mseg de retardo utilizando el algoritmo de supresión de eco del DSP.

La supresión de eco cancela las señales de eco generadas en la conexión con la PSTN, y después introduce la señal al codificador de voz del BSC. En la parte software, la supresión de eco existe dentro del codificador de voz y utiliza la información interna de codificación y decodificación para operar. En

la parte hardware, este opera en el procesador DSP con el codificador de voz.

3.3.2.4. Control de potencia.

Para maximizar la capacidad del sistema CDMA, la potencia recibida de cada terminal en la BTS debería ser la misma, y la potencia transmitida desde la BTS y los terminales debe ser controlada de manera que se alcance la velocidad mínima de la señal de banda interferida. Además, el BSC provee funciones de control de potencia. Cuando se realiza el control de potencia, la fuente de interferencia y la interferencia de la celda adyacente se minimiza y suministra a todos los abonados calidad en la llamada, al mismo tiempo que aumenta la capacidad.

3.3.3. ARQUITECTURA DEL BSC.

El hardware del BSC consta de los bloques funcionales que se presentan en la figura 3.4.

3.3.3.1. Red de conmutación ATM, GAN

La GAN es un bloque del BSC el cual suministra la comunicación y los caminos de handoff entre las diferentes BSC de la red cdma2000 por intermedio del conmutador ATM, y la operación, los caminos de mantenimiento entre las BSM y los sistemas de estación base BSS (Base Station System) de bajo nivel. También provee la conexión hacia el DCN por medio del procesador de la interfaz de radio modo paquete RPP (Radio Packet Interface Processor) y un camino para llamadas de datos modo paquete.

3.3.3.2. Procesador principal de la GAN, GAP.

El GAP controla la conexión ATM para conectar las BSC, y suministra operación y mantenimiento al conmutador ATM en la GAN. También se ocupa de la descarga de programas desde la BSM para cargar los procesadores en la inicialización, controla el conmutador ATM y la conexión

de llamadas ATM, recibe información de fallas hardware desde el bloque de recolección de alarmas hardware HAB (Hardware Alarm collecting Block) y las reporta al BSM por medio de la GAN.

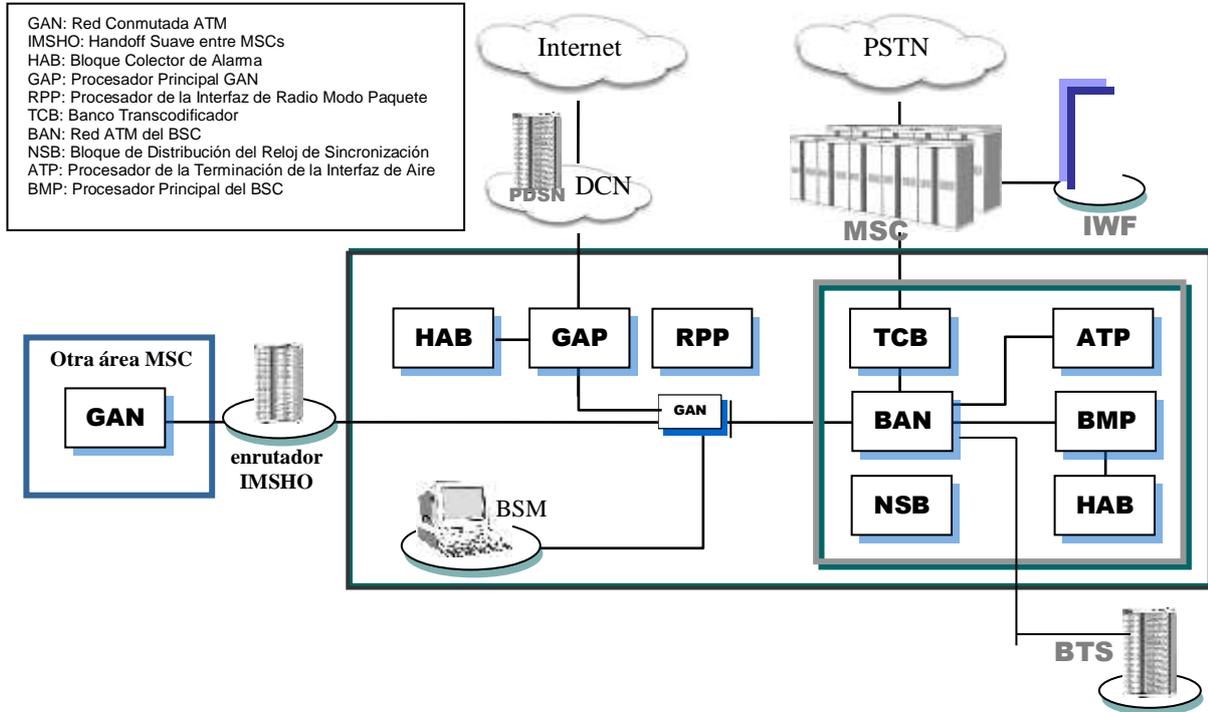


Figura 3.4. Arquitectura del BSC.

3.3.3.3. Procesador de interfaz de radio modo paquete RPP.

El RPP maneja el protocolo para llamadas de datos modo paquete realizadas entre el BSC y el DCN, suministrando la interfaz entre las mismas. Maneja el protocolo punto a punto PPP (Point-to-Point Protocol) y soporta IP móvil. El RPP conecta a la PSDN con el DCN utilizando fast Ethernet (100base-T).

3.3.3.4. Red de conmutación ATM del BSC, BAN.

La BAN es un bloque que provee caminos de comunicación entre procesadores en el BSC y caminos de comunicación con las BTS. La BAN también soporta comunicación para conexión con la GAN.

3.3.3.5. Procesador principal del BSC, BMP.

El BMP (BSC Main Processor), es el bloque de control principal del BSC, realiza el procesamiento de llamada en el BSC, procesamiento de señalización No.7, gestión de recursos entre BSC's y el control de enlaces ATM y HAB.

3.3.3.6. Procesador de la interfaz de radio ATP.

El ATP (Air Termination Processor) procesa señales dedicadas tales como señales de handoff y señales de control de potencia, las cuales son recibidas junto con el tráfico de datos después de conectar la llamada, y realiza llamadas de datos RLP o MAC.

El RLP chequea errores y calidad de los datos desde el ATP, el cual se aplica a llamadas de datos modo paquete y modo circuito. Cuando se detecta un error en los datos, se requiere retransmisión de los mismos.

El MAC controla los radio enlaces en estado inactivo y estado activo, los cuales aplican únicamente a llamadas de datos modo paquete. Los recursos liberados en el estado inactivo son utilizados por otros enlaces, los cuales garantizan el uso eficiente de los recursos. El estado activo es un estado donde el enlace físico y el enlace de mayor capacidad se conectan para establecer llamadas de abonados.

3.3.3.7. Banco de transcodificación TCB.

El TCB (Transcoder Bank) es un bloque que contiene el codificador de voz, transcodifica datos transmitidos desde el MSC en formato 8K QCELP o datos EVRC, y datos QCELP o EVRC transmitidos desde la BAN en formato PCM. Para esto, TCB se conecta con el MSC a través de un E1/T1.

3.3.3.8. Bloque de sincronización de la red NSB.

El NSB (Network Synchronization clock distribution Block) genera el reloj de sincronismo en la red con localización e información de tiempo recibida

desde el sistema de posicionamiento global GPS (Global Positioning System) y lo suministra a los bloques que lo requieran.

3.3.3.9. Bloque de recolección de alarmas hardware HAB.

El HAB recoge la información de las fallas hardware de los bloques en el BSC y las reporta al BMP. También genera la señal de restauración de módulos del sistema bajo el control del BMP con el fin de reestablecer de manera remota las tarjetas con fallas.

3.4. ESTACION BASE BTS.

La BTS (Base Transceiver Station), quien es controlada por el BSC en una red cdma2000, asigna los recursos a la estación móvil MS y enlaza las llamadas CDMA.

Una BTS soporta a los abonados móviles a través de canales de radio y también soporta interfaz de radio genérica CAI (Common Air Interface) de acuerdo con la norma IS-2000. Además, la BTS puede proveer nuevas características tales como servicios de datos de alta velocidad, servicios multimedia, y handoff avanzado.

La BTS utiliza ATM para comunicarse con el BSC. El modo de comunicación ATM adiciona un bit al encabezado direccionando cada mensaje para uso eficiente con enlaces limitados. Adicionalmente a los enlaces E1/T1 en uso, la conexión soporta enlaces STM-1 a 155 Mbps para conectarse con el BSC.

3.4.1. GENERALIDADES DE LA BTS.

3.4.1.1. Características avanzadas.

Las BTS's de una red cdma2000 soportan varias características adicionales al procesamiento de llamadas entre las cuales se encuentran, servicio de datos de alta velocidad, Búsqueda rápida, diversidad de transmisión ortogonal OTD (Orthogonal Transmission Diversity), asignación del canal y prioridad de acceso PACA (Priority Access and Channel Assignment),

Servicio por zonas, Spot Beam y selección del sistema de direccionamiento de la red NDSS.

Capacidad de abonados.

Las BTS de cdma2000 utilizan tarjetas de canales con alta integración, las cuales se pueden utilizar en modo omnidireccional o sectorizado con los mismos recursos selectivos de canales y pueden utilizarse en canales agrupados con asignación de frecuencias FAs (Frequency Allocation) o sectores. Las BTS de cdma2000 se pueden utilizar eficientemente con recursos limitados y además soportan diferentes asignaciones de canales.

Estructura modular.

El hardware de la BTS es modularizado haciendo posible extender el sistema únicamente añadiendo nuevos módulos sin muchos cambios en la estructura del sistema. De igual forma, el software que se ejecuta en el procesador de la BTS es modularizado, permitiendo que las funciones software sean modificadas o adicionadas con cambios mínimos en el sistema.

Operación del sistema.

El operador del sistema puede fácilmente controlar las BTS desde el centro de operación, mantenimiento y gestión BSM. La BSM debe desplegar el estado de los componentes del sistema de manera gráfica, de tal forma que el operador pueda verificar el estado del sistema y tomar las medidas necesarias. La BSM También se conecta al sistema de manera remota bien sea vía Ethernet o vía modem para mantenimiento y puesta a punto.

3.4.2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.

Además de las funciones de búsqueda rápida, diversidad y spot beam, que se explican detalladamente en el capítulo IV, las BTS tiene las características que se numeran a continuación.

3.4.2.1. Interfaz inalámbrica IS-2000.

La BTS procesa la interfaz inalámbrica a través del encabezado del canal como se muestra en la tabla 3.1.

Para cada encabezado del canal hacia adelante se asigna al menos un elemento de canal. Aunque el canal de acceso hacia atrás se puede localizar sobre todos los canales de encabezado hacia delante, en principio se puede asignar al canal de búsqueda. Los canales de acceso se pueden adicionar de acuerdo a los canales de búsqueda.

Además, se requiere un mínimo de tres elementos de canal para abastecer un servicio de comunicación fluido.

Enlace	Tipo de canal	cantidad
Hacia adelante	Canal piloto	1 canal / FA, sector
	Canal de sincronismo	1 canal / FA, sector
	Canal de búsqueda	1 canal / FA, sector (se pueden adicionar 7 canales de acuerdo a la capacidad)
	Canal de búsqueda rápida	1 canal / FA, sector (se pueden adicionar 3 canales de acuerdo a la capacidad)
Hacia atrás	Canal de acceso	1 canal / FA, sector (se pueden adicionar canales de acuerdo a la capacidad)

Tabla 3.1. Interfaz inalámbrica IS-2000.

3.4.2.2. Función de agrupación del canal.

Todos los elementos del canal dentro de la tarjeta de canal se pueden utilizar para hacer agrupación de canales entre FAs, o sectores con 3FA cuando se utilizan 3 sectores. La agrupación entre sectores es posible siempre y cuando se haga con unidades de elementos de canal, pero la agrupación entre FAs usa unidades de modem (seis elementos de canal), y además, los elementos de canal dentro del mismo modem no se pueden asignar a diferentes FAs.

3.4.2.3. Procesamiento de llamada de datos.

Una BTS soporta comunicación de datos tal como fax y comunicación vía modem, comunicación de datos modo paquete, conexión a Internet y simultaneidad en los servicios. La velocidad máxima de comunicación de datos es 144Kbps, la cual es suficiente para soportar varios servicios multimedia incluyendo datos visuales.

3.4.3. ARQUITECTURA DE LA BTS.

El hardware de las BTS de cdma2000 consta de 4 bloques funcionales como se muestra en la figura 3.5.

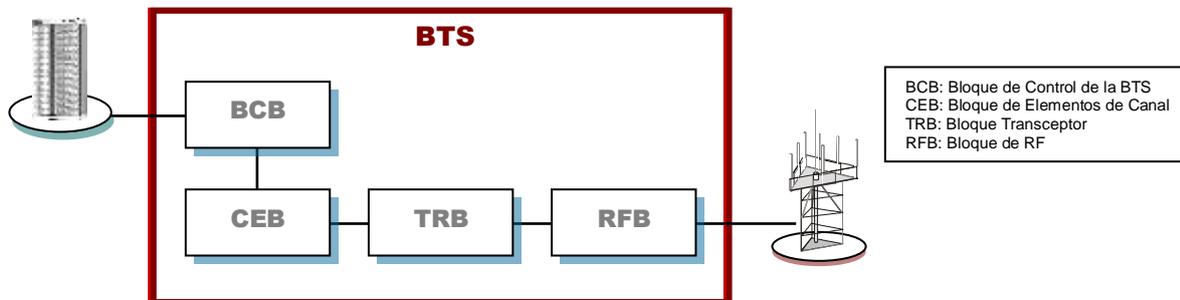


Figura 3.5. Arquitectura de la BTS.

3.4.3.1. Bloque de control de la BTS, BCB.

El bloque de control de la BTS opera y realiza funciones de mantenimiento y control. También conecta a la BTS con el BSC utilizando ATM, y permite la comunicación entre los procesadores de la BTS, al mismo tiempo que genera y suministra las señales de reloj necesarias para la misma.

El bloque de control de la BTS controla el procesamiento de llamada, operación y el estado de la gestión, tratamiento de fallas de la BTS y ejecuta pruebas sobre la misma.

3.4.3.2. Bloque de elemento del canal CEB.

El bloque de elemento del canal modula la señal en banda base intercambiada a través del BSC y el bloque de control de la BTS, a una

señal de frecuencia intermedia IF (Intermediate Frequency), y demodula la señal IF, la cual es cambiada en el bloque transceptor a una señal banda base y transcodifica esta señal adaptándola a las celdas ATM para transmitirla al bloque de control de la BTS.

El bloque de elemento del canal también se encarga de la asignación de canales CDMA y procesamiento de canales, conversión de señales DA (digital a analógico) y conversión de señales AD (analógico a digital) y de la recolección y reporte de alarmas hardware.

3.4.3.3. Bloque transceptor TRB.

El bloque transceptor convierte, hacia arriba, la frecuencia de la señal IF recibida desde el bloque de elemento del canal, y hacia abajo, convierte la frecuencia de la señal CDMA recibida del bloque RF para modularla en una señal IF.

El bloque transceptor también se encarga de controlar la cobertura de la celda, sintonizar la salida de la BTS, bloquear y desbloquear la señal RF transmitida, realizar el control automático de ganancia y combinar las señales de salida de RF por sector.

3.4.3.4. Bloque de Radio Frecuencia RF.

El bloque de RF conecta al móvil a través de una antena para filtrar el ancho de banda de transmisión y recepción y amplificar la señal RF multiportadora. Para ello, el bloque de RF filtra el ancho de banda necesario de la señal recibida desde el bloque transceptor y sintetiza la frecuencia para enviarla a la antena. Además, filtra el ancho de banda necesario en la señal recibida desde la antena, amplifica la señal y la distribuye al bloque transceptor.

El bloque RF se encarga también de suprimir señales espurias fuera del ancho de banda en la señal RF amplificada y suprimir señales espurias fuera del ancho de banda en la señal RF recibida.

3.4.4. DISPOSITIVOS AUXILIARES.

3.4.4.1. Unidad de pruebas de la BTS, BTU.

La BTU (BTS Test Unit) es un dispositivo utilizado para diagnosticar el estado de la BTS y para probar las funciones de la misma. La BTU realiza las siguientes funciones.

Medida de la salida de transmisión.

Esta es una función para medir y monitorear el nivel de la señal, la cual es transmitida desde la BTS al móvil de manera cíclica. Si se encuentra cualquier funcionamiento defectuoso, se le informa la falla al operador de manera apropiada.

Medida de la VSWR de la antena transmisora.

La función de medida de la relación de onda estacionaria de voltaje VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) se utiliza para monitorear de manera cíclica cualquier falla en la antena transmisora y el cable. Si se detecta cualquier falla, se le debe enviar al operador la información apropiada.

Medida VSWR de la antena receptora.

Esta es una función utilizada para monitorear de manera cíclica cualquier falla en la antena receptora y el cable. Si se detecta cualquier falla, se le envía al operador la información apropiada.

Revisión de la salida de transmisión.

Mientras la BTS está en operación, si cuando se transmite cambia la potencia debido a fallas de cualquier dispositivo en el camino de transmisión, esta función calibra cíclicamente la salida de transmisión para mantener el nivel de potencia de transmisión apropiado. Si se detecta cualquier falla, se le envía al operador la información correspondiente.

Función de prueba de llamada.

Esta función se usa para generar llamadas de prueba y localizar la llamada generada previamente. Si se detecta cualquier falla en la llamada de

prueba, se le envía al operador la información apropiada. Además esta función se usa para medir la calidad de voz y el estado de la llamada por cada canal de la BTS seleccionada, y esta es llevada hacia la BSM por medio de la BTU. Con esta prueba se puede verificar el camino del transceptor por la asignación de frecuencia o sector. De igual forma, el resultado de esta prueba se le debe indicar al operador.

Diagnóstico del camino de recepción.

Esta función es utilizada para transmitir uniformemente la señal de RF, medir y comparar esta señal tomando en un informe las pérdidas que ocurren desde la BTU hasta la entrada final del transmisor. Con esta prueba se monitorean las fallas en el trayecto de la dirección acoplada desde la BTS hasta la entrada final del transmisor.

Elementos del canal de prueba.

La BTU verifica el estado de los elementos del canal decodificando y demodulando cíclicamente. Si se detecta cualquier falla en la decodificación o en la demodulación, la información se le debe desplegar al operador.

Prueba del simulador de ruido del canal ortogonal OCNS

La BTU conduce la función OCNS (Orthogonal Channel Noise Simulator) sobre un canal de tráfico, desplegando el resultado al operador. En el sistema CDMA, si el número de canales ocupados aumenta, la cobertura decrece debido a la mayor cantidad de señales de interferencia. La función OCNS se utiliza para transmitir aleatoriamente el código Walsh para forzar el incremento de canales ocupados. Esto se utiliza para optimizar el handoff en la mínima cobertura de la celda.

3.4.5. SEÑAL PILOTO INTERMITENTE.

La frecuencia es cambiada de sitio en la celda dependiendo de las causas, tales como circunstancias regionales o extensión de frecuencia por aumento del número de abonados de comunicación móvil. Es decir, algunas celdas utilizan 3FA, 4FA ó más. Por otra parte, otras celdas utilizan 1FA o 2FA.

Además, cuando ocurre handoff forzado entre FAs, la velocidad lograda puede disminuir porque la FA compensada es un posible problema.

La señal de piloto intermitente soporta handoff forzado entre frecuencias con el fin de liberar todas las fallas de la FA compensada, es decir, la señal de piloto intermitente lidera el handoff forzado estable utilizando la señal de piloto de salida en FA, la cual es soportada por la estación base contigua, pero no es soportada por la estación base seleccionada.

PC para mantenimiento y administración MAP.

El MAP es un dispositivo utilizado para operación y mantenimiento de las BTS, el cual se conecta directamente a la BTS por intermedio de una LAN cuando esta se encuentra en el área en la que la BTS está localizada, y se conecta a la BTS vía modem en locaciones remotas. Además, el personal de mantenimiento puede monitorear y controlar el estado de la BTS de manera remota sin necesidad de visitar el área donde se encuentra la BTS.

MAP muestra una interfaz de usuario gráfica GUI (Graphic User Interface) para permitir al operador conocer fácilmente el estado de las BTS. MAP provee las siguientes funciones.

Carga de Software.

MAP provee una función para cargar los programas necesarios en la BTS. En consecuencia, MAP inicializa Las BTS normalmente sin conexión al BSC y carga los procesadores seleccionados; por otra parte, MAP reinicia cada tarjeta en la BTS.

Gestión de configuración.

MAP provee una función para desplegar y cambiar dispositivos lógicos programables PLDs, los cuales contienen datos de configuración de la BTS.

Procesamiento de estadísticas.

MAP recolecta cíclicamente datos estadísticos de cada procesador y de cada canal en la estación base, y maneja el procesamiento estadístico para desplegarlo cuando el operador lo requiera.

Gestión de estado.

MAP provee una función para gestionar el estado del procesador y de todos los dispositivos de la BTS. Despliega al operador el estado de partes tales como elementos del canal, encabezado del canal, tráfico del canal, subceldas y de la BTU.

Control de Fallas

MAP verifica si existen fallas en los procesadores y todos los dispositivos de la BTS y si las hay provee al operador la localización de las mismas y las posibles causas del mal funcionamiento. MAP despliega fallas hardware y software para permitir al operador conocer las anomalías en el funcionamiento de la BTS.

Diagnóstico y Pruebas.

MAP maneja pruebas para diagnosticar trayectos del enlace, el procesador y todos los dispositivos de la BTS, y además buscar elementos con fallas. MAP realiza funciones de prueba tales como pruebas de elementos del canal, medida de la potencia de transmisión en la estación base, diagnóstico de la antena de la estación base y además activa o cancela las pruebas de OCNS.

3.4.6. MONITOR DE DIAGNOSTICO DM.

El DM (Diagnostic Monitor) es un dispositivo utilizado para analizar las funciones y el desempeño de la BTS. El DM debe estar en capacidad de analizar y recoger datos en tiempo real. Además provee funciones especiales tales como análisis ambiental para radio canales, optimización para radio enlaces, entrega parámetros ambientales de radio y de administración, operación de radio, soporta medidas de calidad, soporta análisis de RF, soporta estado de monitoreo de enlaces entre la BTS y la MS y soporta pruebas de la BTS.

3.5. NUCLEO DE LA RED DE DATOS DCN.

3.5.1. CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL DCN.

3.5.1.1. Servicio de datos de alta velocidad.

El DCN provee comunicación de datos modo paquete de alta velocidad para redes cdma2000. La velocidad de comunicación de datos soportada por el DCN es de hasta 144Kbps en configuración 1x y de 2 Mbps en configuración 3x, suficiente para soportar la mayoría de los servicios multimedia.

3.5.1.2. Conexión a Internet e intranet.

El DCN permite a los abonados de la red cdma2000 conectarse a Internet o intranets privadas. Cuando el abonado se conecta a Internet puede usar el método IP móvil o IP simple. Cuando se conecta a Internet la conexión se hace a través de una red privada virtual VPN (virtual private network) utilizando el método IP simple, mientras que los abonados que utilizan el método IP móvil se conectan por medio de un agente local HA (Home Agent) a la red privada.

3.5.1.3. Servicio de red privada virtual VPN.

El DCN provee una función de conexión VPN a la PSTN para una conexión de los abonados de la red cdma2000 a las VPN. También provee equipos y gestión de establecimiento en el sistema de gestión de la red NMS (Network Management System) del DCN permitiendo al operador la gestión del VPN.

3.5.1.4. Autenticación PPP.

El DCN configura la conexión PPP cuando el abonado de la red cdma2000 se conecta a la red de datos inalámbrica, y ejecuta la verificación de la autenticación y autorización del abonado. Si el abonado utiliza IP simple, usa un protocolo para verificar la autenticación y autorización, y si el abonado utiliza IP móvil, usa el método de reto de agente externo FAC (Foreign Agent Challenge) para la verificación. La información de

autenticación y autorización es manejada en el servidor de autorización, autenticación y contabilidad AAA (Authorization, Authentication and Accounting) del abonado.

3.5.1.5. Funciones de carga.

La carga de la información del uso de la red de datos inalámbrica por parte de los abonados se crea en la BSC y la transfiere a la PDSN. Esta información es recogida en el servidor AAA del abonado y enviada al centro de facturación.

3.5.1.6. Compresión de paquetes.

El DCN posibilita la compresión de paquetes de datos con el fin de utilizar eficientemente los recursos de radio en una red cdma2000. Comúnmente, provee compresión del encabezado de cada paquete, y en el futuro, se planea adicionar compresión de la carga útil del paquete.

3.5.1.7. Aprovisionamiento del servicio.

El operador de la red está en capacidad de establecer los servicios que cada abonado puede recibir fijando el contorno usado por el abonado en el servidor AAA. Los aspectos configurables por el operador pueden ser el tipo de servicio (Conexión a Internet o intranet), el método de conexión (IP simple, IP móvil) y la compresión.

3.5.2. CONFIGURACION BASICA DEL DCN.

El DCN es configurado de acuerdo a los requerimientos del usuario, y básicamente incluye los bloques funcionales presentados en la figura 3.6.

3.5.2.1. Nodo servidor de paquetes de datos PDSN.

El PDSN (Packet Data Serving Node) realiza la conexión entre el sistema cdma2000 y el DCN. El PDSN conecta la capa de enlace de datos con la estación móvil, y enruta los protocolos de la capa superior hacia el DCN.

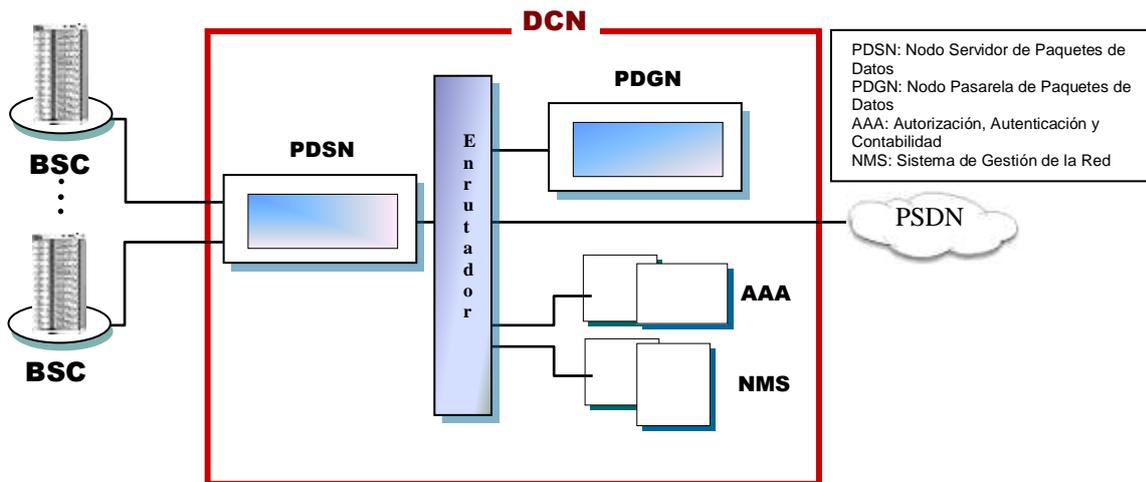


Figura 3.6. Configuración básica del DCN.

3.5.2.2. Nodo compuerta de paquetes de datos PDGN.

El PDGN (Packet Data Gateway Node) se conecta a otras redes o a redes privadas para permitir a un usuario IP móvil acceder a Internet.

3.5.2.3. Compuerta del enrutador.

Conecta cada uno de los equipos que hacen parte del DCN entre sí con otras redes o con redes privadas.

3.5.2.4. Autorización, autenticación y contabilidad AAA.

Realiza el control sobre la autorización, autenticación y contabilidad de los abonados que utilizan el servicio de comunicación de datos modo paquete.

3.5.2.5. Sistema de gestión de red NMS.

El NMS realiza operación, mantenimiento y reparación de cada dispositivo del DCN.

3.6. INTERFACES ENTRE SUBSISTEMAS DE UNA RED cdma2000.

Las interfaces entre cada sistema que comprende una red cdma2000 se muestran en la tabla 3.2.

3.6.1 INTERFAZ ENTRE EL MSC Y LA PSTN.

El MSC se conecta a la PSTN a través de un enlace E1/T1, enviando y recibiendo señales de control y datos por medio del PCM, para llamadas entre terminales de la PSTN y los abonados móviles MS. Se puede utilizar señalización por canal asociado R2 multifrecuencial MFC o señalización por canal común No.7.

3.6.2. INTERFAZ ENTRE DOS MSCs.

Un MSC se conecta con otros MSCs a través de un enlace E1/T1, enviando y recibiendo tráfico de datos y señales de control por medio del PCM para llamadas entre la MS correspondiente al MSC de un área determinada y la MS correspondiente a otro MSC ubicado en diferente área. Para señalización utiliza el método SS7.

<i>Clasificación</i>	<i>Interface</i>	
	<i>Física</i>	<i>Servicio y Señal</i>
MSC - PSTN	E1/T1	CCS No.7, R2 MFC
MSC - MSC	E1/T1	IS-41C/D/E
MSC - HLR	E1/T1	IS-41D/E
MSC - BSC	E1/T1	IS-634A/B, 3G IOS V4.0
BSC - DCN(PDSN)	Fast Ethernet	R-P Interface (3G IOS V4.0)
BSC - BSC	STM-1	IPC (ATM AAL2/AAL5)
BTS - BSC	E1/T1, STM-1	IPC (ATM AAL2/AAL5)
BTS - MS	Canal CDMA inalámbrico	IS-2000

Tabla 3.2. Interfaces entre sistemas de una red cdma2000

3.6.3. INTERFAZ ENTRE EL MSC Y EL HLR.

El MSC y el HLR se conectan directamente por medio de un enlace E1/T1 o a través de un punto de transferencia de señalización STP (Signaling Transfer Point), enviando y recibiendo los datos necesarios para el procesamiento de una llamada en una comunicación móvil tales como la

información de localización y del estado de la estación móvil y la información del abonado. El método usado para la señalización es el SS7.

3.6.4. INTERFAZ ENTRE EL MSC y EL BSC.

La interfaz entre el BSC y el MSC se define como una interfaz A. Entre el BSC y el MSC se transmiten datos PCM a 64 Kbps sobre un enlace E1 o T1. Los datos transmitidos son llamadas de voz, llamadas de datos modo circuito y señales de control.

3.6.5. INTERFAZ ENTRE EL BSC Y EL DCN (PDSN).

El BSC se conecta al DCN por medio del PDSN. La interfaz entre el BSC y la PDSN se define como una interfaz IP, la cual puede transmitir paquetes de datos IP sobre un enlace fast Ethernet (100 Base-T). Los datos transmitidos son llamadas de datos modo paquete y señales de control.

3.6.6. INTERFAZ ENTRE BSCs.

La interfaz entre los BSCs provee un camino de comunicación vía GAN (Red de Conmutación ATM) para datos de abonado y datos de operación y mantenimiento. La interfaz entre la GAN y el BSC es un enlace STM-1.

3.6.7. INTERFAZ ENTRE EL BSC y LA BTS.

El BSC y la BTS transmiten voz y datos modo paquete, datos modo circuito y señales de control a 8K o 13K QCELP (o EVRC) sobre enlaces E1/T1 o STM-1. La interfaz de señalización es ATM (AAL2/AAL5).

3.6.8. INTERFAZ ENTRE LA BTS y LA MS.

La interfaz entre la BTS y la MS es un canal de radio CDMA, y la especificación de la interfaz de señalización está de acuerdo con la especificación internacional IS-2000. La velocidad de transferencia varía ligeramente para los diferentes canales. En el caso de un canal de tráfico, el

tráfico de usuario se puede transmitir a una velocidad máxima de 144 Kbps para el caso 1x y 2 Mbps para el caso 3x.

4. INTERFAZ DE RADIO cdma2000

Con el fin de profundizar en cuanto a las características funcionales de la tecnología cdma2000, en el presente capítulo se realiza una descripción que comprende los servicios, funciones, sistema de numeración, autenticación y encriptación, registros, canales entre otros parámetros fundamentales para entender el funcionamiento y el desempeño de una red que utiliza cdma2000 como interfaz de radio.

4.1. CARACTERISTICAS DE cdma2000.

4.1.1. SERVICIOS MULTIMEDIA.

Adicionalmente al procesamiento de llamadas de voz básico y servicios auxiliares, cdma2000 soporta comunicación de datos tales como fax, comunicaciones vía modem y comunicación de datos modo paquete entre las que se cuenta la comunicación por Internet, siendo capaz de prestar el servicio simultáneamente. Se requiere un mínimo de 144 Kbps para soportar servicios de datos de alta velocidad entre ellos los servicios multimedia.

Para proveer un servicio multimedia estable, cdma2000 permite el cambio y la designación de la calidad (velocidad de transferencia, calidad de la línea, etc.) y el tipo de comunicación (conexión punto a punto, conexión punto a multipunto, etc.) de acuerdo al tipo de información transferida y al servicio prestado.

La tabla 4.1 presenta el portafolio de servicios que pueden ser ofrecidos por cdma2000.

TIPO DE SERVICIO	CARACTERÍSTICA DEL SERVICIO
Servicio de voz	Servicio de voz general, servicio de voz de alta calidad, servicio de audio de alta calidad
Servicio de datos	Servicio de fax grupo 3, servicio de datos de banda ancha, servicio de datos de alta velocidad, servicio de texto
Servicio de Video	Servicio de imagen fija, servicio de imagen en movimiento, Servicio de búsqueda de información visual
Servicio de conexión a Internet	Servicio de Internet, servicio de e-mail, servicio de FTP, servicio de Telnet
Otros Servicios Móviles	Servicio relacionado con la localización, SMS, servicio de búsqueda, servicio de navegación, servicio de aplicación Módulo de Identidad de Usuario UIM (User Identity Module)

Tabla 4.1. Servicios ofrecidos por cdma2000.

4.1.2. COMPATIBILIDAD DEL SERVICIO.

cdma2000 provee compatibilidad hacia atrás para los servicios proporcionados por los sistemas de la serie IS-95 existentes, y provee compatibilidad hacia delante para sistemas 3x hacia los cuales la evolución es inminente.

4.1.2.1. Compatibilidad hacia atrás.

El ancho de banda del canal básico de cdma2000 es 1.25 MHz, y se puede operar sobrepuesto al ancho de banda de 1.25 MHz usado por los sistemas de la serie IS-95. Por consiguiente, cdma2000 puede soportar la compatibilidad hacia atrás para las funciones de codificación y decodificación de voz, servicio de datos de baja velocidad, servicio de fax, función de Handoff y funciones de SMS, proporcionadas por los sistemas existentes de la serie IS-95.

4.1.2.2. Compatibilidad hacia adelante.

cdma2000 se puede usar en el método 3G-1x o en el método 3G-3x MC de acuerdo a la selección y necesidad del operador. En el método 1x, la dispersión del ancho de banda de los canales de radio es de 1.25 MHz y en el método 3x MC es el triple del método 1x, 3.75 MHz como se ilustra en la figura 4.1. Si un operador que ha seleccionado el método 1x cambia el sistema al método 3x MC para mejorar la velocidad de transferencia, cdma2000 permite continuar prestando el servicio mientras se cambia el sistema.

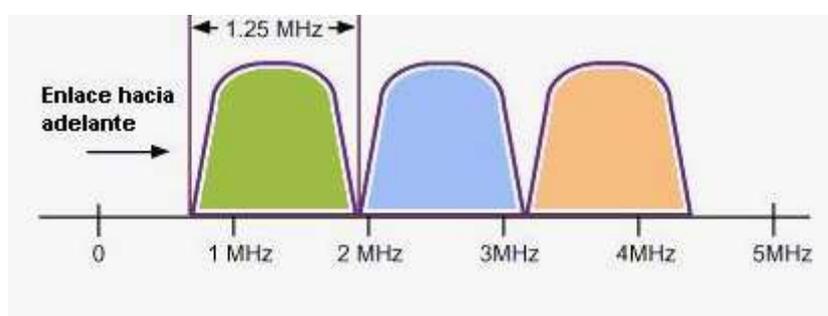


Figura 4.1. ancho de banda de los canales cdma2000.

cdma2000 tiene una capa de señales de protocolo en estructura modular, por consiguiente cuando el método de señalización evolucione a 3x, habrá flexibilidad para proveer los métodos de señalización necesarios.

4.1.3. ECONOMIA Y EFICIENCIA.

cdma2000 se ha diseñado considerando la búsqueda de economía y eficiencia para minimizar la inversión inicial además de los costos de operación y mantenimiento.

4.1.4. REPARACION Y MANTENIMIENTO.

cdma2000 provee varias funciones al operador para mantener, operar y reparar fácilmente el sistema.

4.1.4.1. Estructura modular del sistema.

Cada elemento hardware del sistema cdma2000 está modularizado. Por consiguiente, adicionar y quitar sus componentes es fácil para una nueva instalación o sustraer módulos sin cambiar la estructura del sistema instalado.

También, las operaciones software del procesador están en una estructura modular, y por ende si las funciones software cambian o se actualizan, únicamente se cambia el módulo software necesario para minimizar los cambios del sistema, mientras que también se minimiza la interrupción del servicio.

4.1.4.2. Función de reconocimiento automático de configuración.

El sistema cdma2000 ejecuta un proceso de iniciación automática de potencia. El sistema de operación automática reconoce la información de configuración del sistema instalada en áreas remotas así como aquellas instaladas en las BTS donde se ejecuta el proceso de iniciación. Cuando se cambia la configuración del sistema los cambios se reflejan en la configuración de la información aún cuando el operador no realice acciones adicionales. Desde ese momento la BSM, la cual es la encargada de la operación y mantenimiento del sistema de estaciones base BSS, automáticamente reconoce los tipos de BTS y de identificadores instalados en los sitios remotos, no es necesario que el operador visite el área donde se encuentran instaladas las BTS para fijar sus identificadores.

4.1.4.3. Función de control de monitoreo remoto.

El sistema cdma2000 se puede controlar fácilmente a través de Ethernet o por marcación vía modem. Todos los sistemas de operación deben implementar el estado de cada dispositivo instalado en el sistema en una pantalla gráfica, y configurar los comandos necesarios en un formato de menú para que el operador pueda chequear el estado del sistema de la manera más conveniente y realizar las acciones mas apropiadas.

4.1.4.4. Función de diagnóstico en el trayecto de una llamada.

El sistema cdma2000 puede realizar diagnóstico por secciones o en el trayecto total a través de pruebas del bucle hacia atrás. Por consiguiente, el operador puede medir calidad de voz sobre un trayecto seleccionado (o sobre todo el trayecto), identificando fácilmente la sección donde se encuentra el problema donde la BER aumenta.

4.2. FUNCIONES DE cdma2000.

4.2.1. PROCESAMIENTO DE LLAMADA.

4.2.1.1. Procedimiento básico.

cdma2000 realiza procedimientos de procesamiento de llamadas de abonados móviles y también el procedimiento de procesamiento básico de una llamada utilizado en la red telefónica pública conmutada PSTN. La figura 4.2 muestra el procedimiento básico del procesamiento de una llamada.



Figura 4.2. Procedimiento básico del procesamiento de una llamada

A continuación se describe cada uno de los módulos funcionales en el procesamiento de una llamada.

- **Generación de la llamada.**

El procesamiento de una llamada se inicia cuando el abonado móvil requiere los servicios del registro de localización, procesamiento de llamada y handoff.

- **Registro de Localización.**

El registro de localización es el lugar donde se almacena la información de localización de cada terminal y su estado en una red CDMA para procesar eficientemente las llamadas entrantes a la estación móvil.

- **Autenticación y Encriptación.**

La autenticación es una función que verifica la información del terminal y la información de abonado para prevenir el uso ilegal del servicio, y la encriptación es una función que pone en un código especial los datos transferidos vía radio para prevenir la extracción de los mismos.

- **Proceso de llamada.**

El proceso de llamada es el procedimiento para conectar al abonado llamante y al abonado llamado con el fin de proveer el servicio propiamente dicho al abonado llamado.

- **Handoff.**

Handoff es una función para mantener una llamada cuando la estación móvil abandona el área del servicio celular (o sector) y se mueve dentro de otra celda (o sector).

4.2.1.2. Proceso de llamada entre abonados móviles.

4.2.1.2.1. Procedimiento de llamada saliente.

Cuando un abonado móvil origina una llamada a otro abonado móvil se procede de la siguiente manera.

- **Autenticación.**

Cuando el requerimiento original de la estación móvil se envía al MSC a través del BSS, el MSC selectivamente realiza los procesos de autenticación necesarios para la seguridad del abonado.

- **Conexión de la llamada en el origen.**

Cuando se enlaza el BSC, se envía un mensaje al MSC realizándose los procedimientos para conectar la llamada en el origen. En este mensaje se

incluye la información necesaria para establecer la llamada tal como información del abonado llamante y número del abonado llamado.

EL MSC asigna un BSC y un canal, y envía un comando con el mensaje de asignación del canal de radio a la estación móvil. Cuando el MSC recibe el mensaje completo de asignación del canal inalámbrico de la estación móvil, se hace el análisis del número de destino.

- **Análisis del Número.**

Luego de analizar el número destino, y de verificar si el destino es un abonado móvil, la llamada se enruta hacia el HLR para conocer donde se encuentra el abonado final. El HLR notifica la información de enrutamiento del número terminal al MSC de la parte llamante. Después, el MSC de la parte llamante espera un mensaje de alerta desde el MSC de la parte llamada.

- **Conexión de la llamada.**

Cuando el MSC llamante recibe el mensaje de alerta del MSC llamado, se fija la conexión entre el enlace origen y el enlace destino, y cuando el abonado llamado se conecta, esta información va dentro del estado de la llamada.

Si el MSC llamante recibe un mensaje anunciando que la llamada no fue recibida por el MSC llamado, el MSC llamante termina el proceso de conexión.

4.2.1.2.2. Procedimiento de conexión de una llamada entrante.

Cuando un abonado móvil esta recibiendo una llamada de otro abonado móvil, el procedimiento de conexión se hace de la siguiente forma.

- **Asignación de la información de enrutamiento.**

Cuando el MSC llamado recibe un requerimiento de enrutamiento desde el HLR, verifica el estado de la estación móvil. Si la estación móvil está en estado ocioso, la información del abonado llamado se almacena y se asigna

la información de la ruta de la llamada.

- **Búsqueda.**

Cuando el MSC llamado recibe un mensaje de conexión del MSC llamante, el MSC solicita una búsqueda al BSC dentro del área en la cual se localiza el abonado destino. Cuando el BSC realiza la búsqueda, la estación móvil detecta si está siendo buscada y responde a esta búsqueda.

- **Autenticación.**

Cuando se recibe respuesta de la estación móvil, el MSC llamado realiza los procedimientos de autenticación y encriptación.

- **Conexión de una llamada entrante.**

El proceso de conexión se realiza cuando el MSC llamado envía un mensaje de conexión a la estación móvil. El MSC configura el BSC y el canal, y envía un mensaje de asignación de canal a la estación móvil. Cuando se recibe el mensaje completo de asignación del canal desde la estación móvil, se transfiere un mensaje de alerta al MSC llamante.

- **Conexión de la llamada.**

Cuando el MSC llamante recibe el mensaje de alerta, se conectan los enlaces originante y final, y cuando el abonado destino se conecta a la estación base, esta información va dentro del estado de la llamada. Entonces, la llamada se establece hasta que se reciba un requerimiento de liberación de llamada entre los abonados llamante y llamado.

4.2.1.3. Procesamiento de llamada entre un abonado móvil y un abonado fijo.

4.2.1.3.1. Procesamiento de llamada desde un móvil hacia un abonado Fijo.

Cuando un abonado móvil se desea comunicar con un abonado de la PSTN o ISDN, la llamada se enruta hacia el MSC correspondiente de acuerdo al prefijo después del procedimiento de autenticación. Los pasos siguientes

son iguales a la conexión de una llamada saliente entre abonados móviles.

4.2.1.3.2. Procesamiento de llamada desde un abonado fijo hacia un móvil.

Cuando un abonado fijo origina la llamada hacia un abonado móvil, el MSC originante enruta la llamada hacia un MSC que se comunica con el HLR. Los siguientes pasos son iguales a como termina una llamada entre abonados móviles.

4.2.2. SISTEMA DE NUMERACION.

Los sistemas de numeración de cada país van de acuerdo a los requerimientos de cada uno, y los sistemas de numeración de los abonados locales se pueden cambiar de acuerdo a los requerimientos y sistemas de numeración de cada proveedor del servicio.

El sistema de numeración de abonados de comunicaciones móviles se muestra en la figura 4.3.

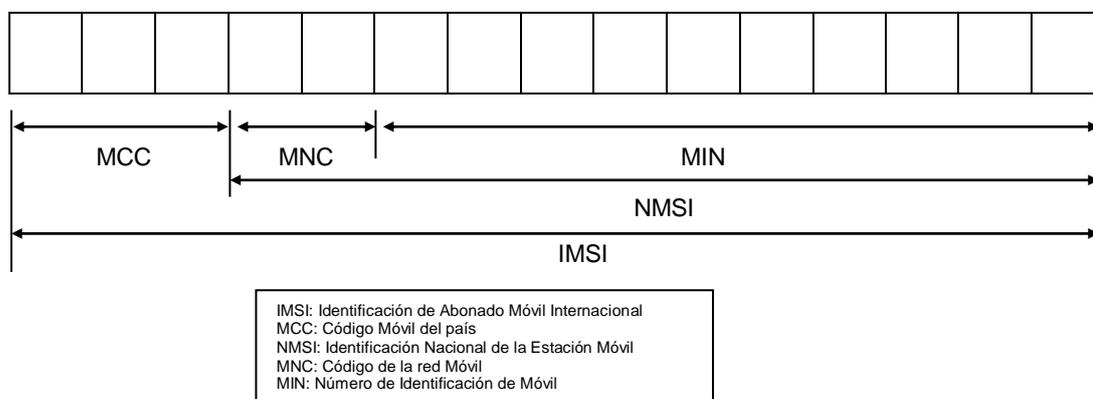


Figura 4.3. Sistema de numeración de abonados móviles

4.2.2.1. Identificación de abonado móvil internacional IMSI.

IMSI (International Mobile Subscriber Identity) es un número de identificación de abonado móvil utilizado para itinerancia internacional que

se especifica en ITU-T E.212. El número IMSI consta de un máximo de 15 dígitos.

4.2.2.2. Código móvil del País MCC.

MCC (Mobile Country Code) son los tres primeros dígitos de la IMSI, y es el código asignado al país, especificado por la ITU-T. Cada código de país se especifica en ITU-T E.163.

4.2.2.3. Identificación de estación móvil nacional NMSI.

NMSI (Identification National Mobile Station) son los 12 dígitos siguientes de IMSI, e incluye el número de identificación de la red y el número de identificación de la estación móvil.

4.2.2.4. Código de la red móvil MNC.

MNC (Mobile Network Code) son los tres dígitos superiores de NMSI, y es el número de identificación de red dado a los proveedores del servicio de comunicación móvil.

4.2.2.5. Número de identificación del móvil MIN.

MIN (Mobile Identity Number) corresponde a los siguientes diez dígitos del NMSI, y es el número de identificación de la estación móvil dentro de la red. MIN se divide en MIN1 y MIN2. MIN1 se usa para autenticación y MIN2 para procedimientos de demanda futura.

4.2.2.6. Información adicional al número de abonado.

Para procesamiento de llamadas en una comunicación móvil, se usa la siguiente información adicional al número de abonado.

- **Número Serial Electrónico ESN.**

ESN (Electronic Serial Number) es un número único que se asigna en la construcción de cada terminal, y consta de 32 bits o más. Igualmente el ESN se almacena en el HLR y en la estación móvil. Cuando la estación móvil

registra su ubicación o cuando inicia o termina una llamada, el MSC recibe el ESN del HLR y lo almacena temporalmente. Este número se utiliza para verificar si la estación móvil está siendo usada legalmente.

- **Identificación de Abonado Móvil Temporal TMSI.**

TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity) son datos temporales que el MSC asigna y almacena, usados para identificar al abonado móvil dentro del área de control del MSC. TMSI protege al IMSI cuando esta información se envía vía radio y ayuda al MSC a buscar rápidamente los datos de abonado.

- **Número de Directorio Local Temporal TLDN.**

TLDN (Temporary Local Directory Number) es un número PSTN/ISDN asignado por el MSC llamado, utilizado para enrutar la llamada entrante a la estación móvil. El MSC llamante recibe el TLDN del MSC llamado a través del HLR, y utiliza este TLDN para enrutar la llamada hacia el sistema en el cual se localiza la estación móvil.

4.2.3. AUTENTICACION Y ENCRIPCIÓN.

cdma2000 provee funciones avanzadas para prevenir el uso ilegal del servicio.

La autenticación es una función para chequear el terminal y la información de abonado, para bloquear el uso de servicios no autorizados o de terminales ilegales. Para este propósito, cada estación móvil y la red tienen una clave secreta. Cuando se realiza el procedimiento de autenticación, la estación móvil y la red ejecutan un algoritmo de autenticación idéntico, y comparan los resultados para verificar la legalidad de la estación móvil y del servicio. Al abonado se le puede prestar el servicio de la red cdma2000 después de validar los procedimientos de autenticación.

El abonado puede usar el servicio de comunicación móvil autenticándose y además puede seleccionar la encriptación de los datos de tráfico y de los mensajes de señalización sobre el trayecto de la llamada. Cuando se hace la

encriptación de los datos de tráfico, se aplica un procedimiento de seguridad sobre la información transmitida, bloqueando el canal para suministrar invulnerabilidad a la información del abonado.

Las funciones de autenticación realizadas por cdma2000 son las siguientes.

- **Registro de autenticación.**

Se realiza cuando la estación móvil accesa a la red para registrar su localización.

- **Autenticación de llamada saliente.**

Procedimiento de autenticación que se realiza cuando la estación móvil accesa a la red para realizar una llamada.

- **Autenticación de finalización de llamada.**

Se realiza cuando la estación móvil accesa a la red para terminar una llamada.

4.2.4. REGISTRO DE LOCALIZACION.

El registro de localización se ejecuta cuando la MS se activa o se desactiva, en un ciclo específico, cuando la MS pasa a otra área o cuando el operador da una instrucción.

La estación móvil supervisa los parámetros de los mensajes del sistema, la lista de mensajes de los canales CDMA, los parámetros de los mensajes del sistema extendido y los parámetros de los mensajes de acceso los cuales son transmitidos periódicamente desde la BTS. Cuando muchos de los parámetros monitoreados no son iguales a los parámetros almacenados por defecto en la memoria de la MS, esta realiza 7 tipos de registro de localización que son:

- **Registro de Potencia.**

Este tipo de registro de localización se ejecuta para notificar que la estación móvil se encuentra activa. Cuando la MS se enciende y se apaga

repetidamente en cortos intervalos de tiempo, la localización se registra únicamente después de un tiempo específico, esto se hace para impedir que la localización se registre repetidamente.

- **Registro de baja potencia.**

Este tipo de registro de localización se realiza cuando la MS se apaga después de que haya registrado su localización en la red CDMA. Cuando no hay potencia, la MS inicia inmediatamente a eliminar el registro de su localización.

- **Registro basado en zonas.**

Una zona, que es identificada por áreas de cobertura para el servicio de comunicación móvil, es un grupo de celdas. Las MS guardan una lista de zonas en las cuales han registrado su localización. El registro de localización basado en zonas se realiza cuando la MS se mueve dentro de una nueva zona que no se encuentra en su lista de zonas. El móvil puede registrar su localización en una o mas zonas.

- **Registro de cambio de parámetros.**

Este tipo de registro de localización se realiza cuando se cambian los parámetros (índice cíclico del intervalo, indicador del modo del intervalo, indicador de finalización de llamada, clase de banda, clase de potencia, velocidad de transmisión y modo de operación) almacenados en la MS. Esto se realiza independientemente de la itinerancia.

- **Registro basado en la separación.**

Este tipo de registro de localización se realiza cuando la separación entre el último registro en el sistema realizado por la MS y el sistema actual excede un umbral. La MS puede calcular la separación entre el último sistema registrado y el sistema actual basándose en la latitud y la longitud.

- **Registro implícito.**

Este tipo de registro de localización es realizado por el BSC rastreando el móvil cuando efectúa una llamada o responde una llamada exitosa.

- **Registro de zona de usuario.**

Este tipo de registro de localización se realiza cuando la MS se encuentra en un área específica (área de servicio del usuario).

4.2.5. CONTROL DE ADMISION DE LLAMADA.

El control de admisión de llamada es una función para controlar la MS o la BTS para aceptar o rechazar requerimientos de asignación del recurso de radio con el fin de utilizar eficientemente el espectro y mantener un servicio de buena calidad para el abonado. También cambia las características de otros recursos inalámbricos para aceptar un requerimiento de asignación de un recurso de radio específico.

4.2.5.1. Control de admisión de llamada de voz.

EL sistema de estaciones base en una red cdma2000 debe realizar las siguientes actividades para el control de admisión de llamada.

- Recopila periódicamente la potencia total transmitida del canal hacia adelante y la relación señal a interferencia SIR (Signal to Interference Ratio) promedio del canal hacia atrás para cada FA o Sector desde el controlador de elemento del canal.
- Determina y maneja el estado de carga de la celda para verificar el uso de la tarjeta del canal, los elementos del canal y el código Walsh.
- Cuando sea necesario verifica la potencia total transmitida del canal hacia adelante y de la SIR promedio del canal hacia atrás.

En otras palabras, El sistema de estaciones base depende del estado de carga de la celda y de la disponibilidad del canal, del código Walsh, de los enlaces requeridos y de la potencia transmitida para el control de admisión de llamada.

Los recursos se asignan dinámicamente buscando aquellos que estén disponibles cuantas veces se especifique. El orden de la asignación de

recursos es: FA, potencia de transmisión, elementos del canal, código Walsh y el enlace E1. Los recursos se asignan cuando hay disponibilidad en mas de una cantidad específica.

4.2.5.2. Control de admisión de llamada de datos.

Cuando se fija la llamada de datos, la opción de multiplexación sólo puede definir la velocidad máxima sin fijar una velocidad específica. La opción de multiplexación debe aceptarse si la pide la MS a menos que sea exigida de otra forma.

Una velocidad apropiada para el canal de radio de transmisión y recepción a la MS se define dentro de la velocidad máxima a la cual se asigna el canal suplementario SCH (Supplementary Channel). El SCH fija la velocidad óptima verificando el estado del canal de radio.

Cuando se asigna la llamada de datos, la cantidad de potencia restante por sector se toma en cuenta para decidir si se admite la llamada. Después de admitir la llamada de datos, el servicio de datos de baja velocidad inicia con el canal fundamental FCH (Fundamental Channel) o el canal de control dedicado DCCH (Dedicated Control Chanel). Cuando se necesita aumentar la velocidad, la cantidad de potencia restante por sector se tendría en cuenta para decidir sobre una velocidad apropiada y posteriormente se inicia la asignación del SCH.

El operador fácilmente puede decidir si el servicio de abonado se enfoca en el servicio de voz o en el servicio de datos únicamente para cambiar los parámetros en la BSM. Por defecto, se enfoca en el servicio de voz, y el servicio de datos se suministra sobre la parte restante a la cantidad de potencia tomada por el servicio de voz. Para enfocar el servicio de datos, se puede asignar una tasa de potencia específica.

4.2.6. CODIFICADOR DE VOZ.

Los codificadores de voz decodifican para convertir la señal de voz comprimida del abonado de la MS a una señal con modulación de pulsos PCM (Pulse Code Modulation) y codifica para convertir la señal de voz PCM en una señal de abonado comprimida.

Entre los algoritmos de compresión soportados por los codificadores de voz se encuentran 8 Kbps EVRC, 8 Kbps QCELP , 13 Kbps QCELP.

Los BSC de cdma2000 soportan múltiples codificadores de voz que pueden realizar dos o tres métodos de codificación simultáneos seleccionados por el usuario. Los codificadores de voz desvían el tráfico codificado con el mismo algoritmo de compresión.

4.2.7. FUNCIONES Y TIPOS DE CANALES cdma2000.

4.2.7.1. CANALES HACIA ADELANTE cdma2000.

Los canales hacia adelante utilizados por cdma2000 son los siguientes.

4.2.7.1.1. Canal piloto hacia adelante F-PICH.

F-PICH (Forward Pilot Channel) es un canal para encontrar BTS adyacentes y sectores, para seleccionar la mejor señal entre las señales recibidas cuando la estación móvil accesa la red CDMA.

4.2.7.1.2. Canal de sincronización hacia adelante F-SYNC.

F-SYNC (Forward Synchronization Channel) es un canal que transfiere varios parámetros de información de las BTS a la estación móvil. La estación móvil utiliza la información recibida a través de este canal para sincronizar el reloj interno del terminal con el reloj de la red CDMA. Debido a esto, las señales transmitidas a través del F-SYNC son comunes a todas las estaciones móvil dentro de una celda.

4.2.7.1.3. Canal de búsqueda hacia adelante F-PCH.

F-PCH (Forward Paging Channel) es un canal que transmite mensajes de encabezado, mensajes de búsqueda de transmisión, mensajes de asignación del canal, mensajes actualizados referentes a los datos secretos compartidos SSD (Shared Secret Data) y prueba de autenticación del mensaje a la estación móvil dentro de una celda. La velocidad de transferencia de datos se puede fijar a dos velocidades de 9.6 Kbps y 4.8 Kbps, y la velocidad de transferencia de información es transmitida a través del F-SYNC.

4.2.7.1.4. Canal de control genérico hacia adelante F-CCCH.

F-CCCH (Forward Common Control Channel) es un canal que transmite información de control digital desde la BTS a una o a múltiples estaciones móviles.

4.2.7.1.5. Canal de difusión BCCH.

BCCH (BroadCast Channel) es un canal adicional en IS-2000 y reemplaza el canal de búsqueda de transmisión de los sistemas IS-95. Soporta varias velocidades de transferencia tales como 19.2 Kbps, 9.6 Kbps y 4.8 Kbps.

4.2.7.1.6. Canal de búsqueda rápida QPCH.

QPCH (Quick Paging Channel) es un canal que transmite si la estación móvil debe monitorear el F-PCH o el F-CCCH cuando la estación móvil operando en modo ranurado se encuentra en estado ocioso.

4.2.7.1.7. Canal de asignación genérico CACH.

CACH (Common Assignment Channel) es un canal que transmite mensajes de respuesta para conectar el mejor canal de acceso de llamada a la estación móvil. Si la estación móvil está operando en modo de acceso reservado, se transmite la dirección para el canal de control genérico hacia atrás R-CCCH (Reverse Common Control Channel) y su canal de control de

potencia genérico CPCH (Common Power Control Channel) relacionado.

4.2.7.1.8. Canal de control de potencia genérico CPCH.

CPCH (Common Power Control Channel) es un canal que envía un bit de control de potencia a múltiples estaciones móviles. Se utiliza cuando la estación móvil está operando en estado de control de potencia o en modo de acceso reservado.

4.2.7.1.9. Canal fundamental hacia adelante F-FCH.

F-FCH (Forward Fundamental Channel) es un canal de tráfico que transmite llamadas de voz o llamadas de datos cortos. La velocidad de transmisión es variable, y tiene una estructura de trama de 20 ms o 5 ms. La estructura de trama de 20 ms es capaz de transmitir datos a RS1 (Rate Set 1) y RS2 (Rate Set 2), como se muestra a continuación.

RS 1 : 9.6 Kbps, 4.8 Kbps, 2.7 Kbps, 1.5 Kbps

RS 2 : 14.4 Kbps, 7.2 Kbps, 3.6 Kbps, 1.8 Kbps

4.2.7.1.10. Canal de control dedicado hacia adelante F-DCCH.

F-DCCH (Forward Dedicated Control Channel) es un canal utilizado para comunicación 1:1 entre la estación móvil y la BTS, el cual ha sido añadido en la especificación IS-2000. F-DCCH generalmente transmite el control de acceso al medio MAC (Medium Access Control) de las capas L2 y L3, mensajes de señalización, e información de control de potencia. Su uso puede cambiar de acuerdo a la calidad del servicio QoS, y está muy relacionado con el servicio de datos de alta velocidad.

4.2.7.1.11. Canal suplementario hacia adelante F-SCH.

F-SCH (Forward Supplemental Channel) es un canal adicional en IS-2000 el cual opera conjuntamente con F-FCH y F-DCCH para suministrar servicio de datos de alta velocidad. La máxima velocidad de transmisión de un solo canal F-SCH en cdma2000 1x es 307.2 Kbps.

4.2.7.2. CANALES HACIA ATRAS DE cdma2000.

Los canales hacia atrás utilizados por cdma2000 son los siguientes.

4.2.7.2.1. Canal piloto hacia atrás R-PICH.

R-PICH (Reverse Pilot Channel) es un canal que sirve de referencia de fase para una demodulación coherente de las BTS, y transfiere bits de control de potencia para cerrar el bucle de control de potencia.

4.2.7.2.2. Canal de acceso ACH.

ACH (Access Channel) es un canal usado por la estación móvil para comunicarse con la BTS que además transmite mensajes de señalización cortos tales como respuesta a una llamada saliente, búsqueda y registro de ubicación.

4.2.7.2.3. Canal de acceso mejorado EACH.

EACH (Enhanced Access Channel) es un canal adicional en IS-2000, y reemplaza el canal de acceso de los sistemas de 2G. Además, EACH es un canal que transmite mensajes cortos de señalización como respuesta a llamada saliente, búsqueda, señalización, y mensajes MAC, también puede transmitir mensajes de datos de velocidad media.

4.2.7.2.4. Canal de control genérico hacia atrás R-CCCH.

R-CCCH (Reverse Common Control Channel) es un canal adicional en IS-2000, y se utiliza cuando la estación móvil se encuentra en modo de acceso reservado o en modo de acceso por designación. Realiza funciones similares a las de EACH y puede controlar potencia.

4.2.7.2.5. Canal de control dedicado hacia atrás R-DCCH.

R-DCCH (Reverse Dedicated Control Channel) es un canal adicional en IS-2000 utilizado para comunicaciones 1:1 entre la estación móvil y la BTS, y

generalmente transmite el MAC de las capas L2, L3, y mensajes de señalización. Conveniente para transmitir mensajes que pueden cambiar de acuerdo a la QoS. Tiene gran relación con el servicio de datos de alta velocidad.

4.2.7.2.6. Canal fundamental hacia atrás R-FCH.

R-FCH (Reverse Fundamental Channel) es un canal de tráfico que transmite llamadas de voz o llamadas de datos cortos. La velocidad de transmisión es variable, y tiene una estructura de trama de 20 ms o 5 ms. La estructura de trama de 20 ms es capaz de transferir datos a RS1 (Rate Set 1) y RS2 (Rate Set 2).

4.2.7.2.7. Canal suplementario hacia atrás R-SCH.

R-SCH (Reverse Supplemental Channel) es un canal adicional en IS-2000 que opera conjuntamente con R-FCH y R-DCCH para suministrar servicio de datos de alta velocidad. La velocidad máxima de transferencia de un solo canal R-SCH en cdma2000 1x es 307.2 Kbps.

4.2.8. CONTROL DE POTENCIA.

Para maximizar la capacidad del sistema CDMA, la potencia recibida de cada terminal y la recibida en las BTS debe ser la misma, y la potencia enviada por las BTS y los terminales debe ser controlada para que se alcance la tasa de interferencia mínima de la señal de banda. Cuando se realiza el control de potencia, las fuentes de interferencia y la interferencia de las celdas exteriores se minimiza proporcionando a todos los abonados una buena calidad de llamada, a la vez que aumenta la capacidad.

4.2.8.1. Control de potencia del enlace hacia adelante.

El control de potencia hacia adelante se lleva a cabo para aumentar la potencia de la BTS y así mantener constante la calidad de la llamada para todos los canales cuando se encuentra en uso una MS, localizada en un área

de la celda que presente problemas de propagación multitrayecto, ruido o interferencia.

4.2.8.1.1. Control rápido de potencia hacia adelante.

El control de potencia hacia adelante de alta velocidad es una manera de fijar la potencia de transmisión hacia adelante basada en un bit de control de potencia transmitido sobre una unidad de 1.25 ms desde las MS's. La MS compara la potencia recibida con el control de potencia umbral. Si la potencia recibida es menor que la potencia umbral, la MS envía una señal de instrucción (señal = 0) a la BTS para aumentar la potencia de transmisión. Si la potencia recibida es superior a la potencia umbral, la MS envía una señal de instrucción (señal = 1) a la BTS para disminuir la potencia de recepción. La BTS aumenta o disminuye la potencia de transmisión dependiendo de la señal recibida.

4.2.8.1.2. Control de potencia de enlace externo.

Para realizar el control de potencia hacia delante, la MS necesita comparar la potencia recibida con la potencia umbral. El camino para fijar una potencia umbral dinámica basada en la velocidad de error de trama FER (Frame Error Rate) es el control de potencia de enlace externo. La MS compara este valor con la FER. Si hay errores en la trama recibida, la MS incrementa la potencia de umbral. Si no existen errores, el móvil disminuye el umbral.

4.2.8.2. Control de potencia del enlace hacia atrás.

Como varias MS's dentro de una celda transmiten señales de tráfico hacia atrás, la MS se conecta a la BTS a través de múltiples caminos de propagación. Como el desvanecimiento y los rangos de variación difieren de acuerdo a los diferentes caminos de propagación tomados, los métodos de control de potencia hacia atrás no son iguales a los del control de potencia hacia delante.

4.2.8.2.1. Control de potencia de enlace abierto.

El control de potencia de enlace abierto es un camino para fijar abruptamente la potencia inicial de transmisión desde la MS hasta la BTS. La MS fija esto utilizando parámetros para calibrar el tamaño y la cantidad de potencia recibida.

4.2.8.2.2. Control de potencia de enlace cercano.

El control de potencia de enlace cercano es un camino para fijar la potencia transmitida hacia atrás basándose en un bit de control de potencia enviado desde la BTS sobre una unidad de 1.25 ms. Las BTS comparan la potencia recibida con el control de potencia umbral. Si la potencia recibida es menor que la potencia umbral, las BTS envían una señal (señal = 0) a la MS indicándole que aumente la potencia de transmisión. Si la potencia recibida es mayor que la potencia umbral, los BTS envían una señal (señal = 1) a la MS indicándole que disminuya la potencia de transmisión. La MS aumenta o disminuye la potencia de transmisión basándose en la señal recibida.

4.2.8.2.3. Control de potencia de enlace externo.

Para realizar el control de potencia hacia atrás, la MS compara la potencia recibida con la potencia umbral. El control de potencia de enlace externo es un camino para fijar dinámicamente el umbral basado en la FER. Las BTS comparan este valor con la FER. Si hay error en la trama recibida, la MS aumenta la potencia umbral, sino, la MS la disminuye.

4.2.8.3. Control de potencia para llamada de datos.

A diferencia del sistema IS-95, el sistema cdma2000 proporciona servicio de datos de alta velocidad, realizando control de potencia sobre FCH y SCH junto con el control de potencia convencional.

4.2.8.3.1. Control de Potencia FCH.

Para el enlace hacia adelante del FCH, se debe tener en cuenta el bit de control de potencia de la SIR, basándose en la realización del control de potencia de enlace cercano. Para el enlace hacia atrás, se debe estimar el canal piloto de la SIR basándose en la realización del control de potencia de enlace cercano. También, se puede realizar el control de potencia de enlace cercano sobre los enlaces hacia delante y hacia atrás basado en la FER.

4.2.8.3.2. Control de potencia SCH/DCCH.

Cuando se asignan los SCH y DCCH a algún terminal, el control de potencia sobre los dos canales se realiza idénticamente de acuerdo al bit de control de potencia PCB (Power Control Bit) enviado desde el terminal.

Cuando SCH y DCCH se asignan a algún terminal, el terminal puede enviar únicamente el PCB para FCH, y puede enviar el PCB independientemente para FCH y SCH de acuerdo al modo de control de potencia fijado en las BTS. Cuando la estación móvil envía únicamente el PCB para el FCH, SCH realiza el control de potencia idéntico a FCH, y cuando el terminal le envía el PCB independientemente al FCH y al SCH, este realiza control individualmente.

4.2.9. HANDOFF.

El Handoff permite cambiar el canal de tráfico a una nueva celda cuando la estación móvil se mueve de una celda (o sector) a una nueva celda (o sector).

La MS compara la potencia de umbral del canal piloto recibido desde la BTS con la potencia de otro canal piloto de la BTS adyacente. Cuando la comparación de este valor estimado alcanza en cierto momento el valor para handoff, la MS reporta este evento al sistema CDMA, y realiza el handoff bajo del control apropiado del sistema de acuerdo a los tipos de handoff. La figura 4.4 presenta un ejemplo de handoff.

El algoritmo de handoff de cdma2000 está de acuerdo con IS-2000 y con

IOS versión 4.0.

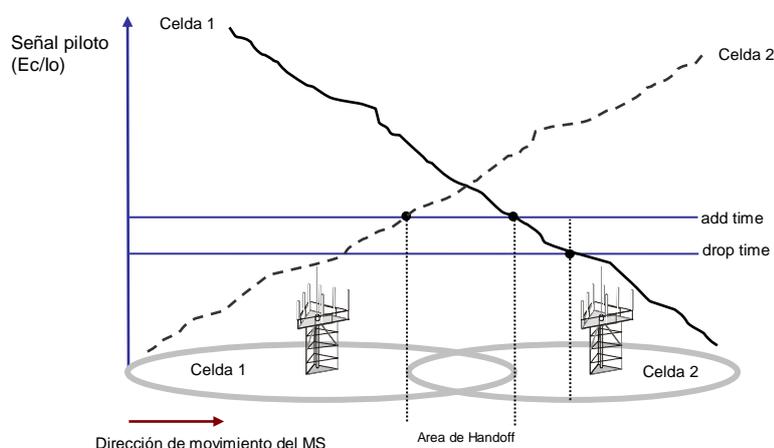


Figura 4.4. Ejemplo de Handoff.

4.2.9.1. Tipos de handoff.

cdma2000 Básicamente proporciona handoff suave, handoff forzado y acceso a handoff, que también son proporcionados por los sistemas de la serie IS-95.

Adicionalmente, los handoff agregados recientemente al sistema cdma2000 son los siguientes.

4.2.9.1.1. Handoff suave mejorado.

El handoff suave mejorado o umbral dinámico de handoff suave se realiza para fijar señales de piloto, las cuales tienen suficiente potencia para que los recursos del canal de radio se puedan utilizar eficientemente.

Las BTS envían parámetros hacia las MS las cuales aplican el umbral de handoff dependiendo de la potencia relativa de la señal del piloto. El control de los BSC para el handoff es similar al control basado en umbral estático.

4.2.9.1.2. Handoff forzado mejorado.

En el handoff forzado mejorado, se mide la potencia de la señal del piloto en el sistema de FA adyacente así como de FA normal, y pasa la MS a una FA con mejores condiciones del medio si se encuentra disponible.

4.2.9.1.3. Handoff latente entre PDSN.

El handoff latente entre PDSN ocurre cuando un abonado cambia de área de servicio PDSN. Cuando la MS se mueve hacia otra área de servicio, la MS accesa a una nueva PDSN fijando la opción de servicio de datos modo paquete, luego establece la conexión PPP y finalmente registra la dirección IP del móvil.

4.2.10. SERVICIO DE DATOS DE ALTA VELOCIDAD MODO PAQUETE.

El sistema cdma2000 provee servicio de datos de alta velocidad modo paquete HSPD (High-Speed Packet Data service) a un usuario móvil que tenga un computador portátil u otro dispositivo que cumpla con el estándar IS-2000 o IS-707A. HSPD permite al usuario móvil utilizar varios servicios de aplicación de datos, tales como Internet, intranet, correo electrónico y transferencia de archivos de alta velocidad, a una velocidad de 144 Kbps sobre la interfaz de radio 3G-1x IS-2000.

4.2.10.1. IP simple e IP móvil.

Para recibir servicio de datos modo paquete, se asigna un modo IP a la MS por parte de la red cdma2000.

El modo IP Simple lo asigna dinámicamente la PDSN. La movilidad utilizando IP simple se suministra por la capa de enlace IP únicamente. En otras palabras, Las llamadas de datos modo paquete continúan en actividad cuando la MS se mueve por algunas PDSN. Pero la llamada se desconecta cuando la MS se mueve entre áreas de servicio PDSN, y el servicio debe reiniciarse.

El modo IP móvil se asigna estáticamente por la PDSN, o se asigna dinámicamente a la MS. La MS en modo IP móvil tiene movilidad incluso

entre áreas de servicio PDSN. En otras palabras, las llamadas de datos modo paquete continúan en actividad incluso cuando la MS se mueve entre áreas de servicio PDSN.

4.2.10.2. Control de asignación del canal.

Para proporcionar HSPD, se utiliza un canal básico FCH más pequeño. Cuando el ancho de banda del FCH no es suficiente, se asignan canales suplementarios SCH para enlaces hacia adelante o hacia atrás. HSPD puede asignar ancho de banda asimétrico de los enlaces hacia adelante o hacia atrás, asegurando que el ancho de banda se use eficientemente en ambas direcciones.

4.2.11. FUNCION DE BUSQUEDA.

4.2.11.1. Búsqueda Rápida.

En la búsqueda rápida se transmite una indicación al móvil en el modo ranurado en una celda con el fin de notificar si se cambia el mensaje en el intervalo de búsqueda asignado a la MS.

En el modo ranurado normal, la MS necesita monitorear continuamente la búsqueda del intervalo cada ciclo del mismo. Sin embargo, debido a que la búsqueda rápida permite recibir señales de búsqueda únicamente cuando cambian los mensajes de búsqueda apropiados, el tiempo activo de las MS's se puede reducir drásticamente. En consecuencia, el consumo de potencia del móvil se reduce de tal forma que el tiempo de espera y el período de uso llega a ser mayor con una potencia constante.

4.2.12. DIVERSIDAD.

El sistema cdma2000 usa diversidad para minimizar los efectos de desvanecimiento. Para que esto sea posible, las BTS se conectan a 2 antenas de transmisión y recepción. Cuando los cables conectados a cada antena tienen la misma longitud, el balance de ganancia entre las señales

recibidas en las dos antenas está alrededor de 1dB, y entre las señales enviadas está en los límites de 2dB.

4.2.12.1. Diversidad hacia atrás.

Los sistemas cdma2000 utilizan dos antenas separadas espacialmente para diversidad sobre el enlace hacia atrás. Las antenas deben estar lo suficientemente separadas para que las señales recibidas en cada antena experimenten un desvanecimiento independiente.

4.2.12.2. Diversidad hacia adelante.

El sistema de BTS de cdma2000 utiliza los siguientes métodos de diversidad hacia adelante.

- **Diversidad de transmisión ortogonal OTD.**

OTD asigna diferentes códigos Walsh ortogonales (++, +-) a cada antena, y dispersa las señales con diferentes códigos Walsh. El móvil recibe dos señales ortogonales desde cada antena para demodular y modula estas señales para mejorar la calidad de la señal recibida.

- **Expansión espacio tiempo STS.**

Los mapas STS (Space Time Spreading) codifican los bits para cada código Walsh (++, +-) de dos maneras, y las envía a las dos antenas teniendo en cuenta que las dos señales enviadas son ortogonales así como las dos antenas.

4.2.13. NUEVOS SERVICIOS.

4.2.13.1. Servicio de asignación del canal y prioridad de acceso PACA.

PACA (Priority Access and Channel Assignment) se utiliza para fijar una llamada basada en la prioridad del móvil después de almacenar los requerimientos del móvil cuando una llamada no se puede establecer debido a que no hay recursos libres en la BTS. El móvil con la función PACA

reorigina una llamada mientras que el handoff se encuentra inactivo cuando la BTS se conmuta a una nueva llamada. La función PACA se puede cancelar. Mientras PACA se encuentre activa, no se puede procesar la llamada entrante.

4.2.13.2. Servicio por zonas.

El servicio por zonas proporciona servicios específicos, tales como descuento en facturas, otros como servicios para abonados especiales en zonas de usuario específicas.

El servicio por zonas incluye servicio de usuario en la oficina, servicio de usuario residencial y servicio de redes privadas de usuario.

Los usuarios de oficina tienen una oficina designada como zona de usuario y además obtienen movilidad en su área, y seguridad en las llamadas de voz y los mensajes utilizando los servicios proporcionados por las PBX o la Centrex.

Los usuarios residenciales tienen una zona específica designada como zona de usuario. Así como los usuarios de oficina, los usuarios residenciales pueden obtener seguridad en las llamadas de voz y en los mensajes.

Los usuarios de redes privadas pueden recibir varios servicios especiales del servicio por zonas, adicionales a los servicios de la red cdma2000.

Como se expresó anteriormente, los servicios por zonas son ventajosos en cuanto a que ellos proveen diversos servicios a una MS en una zona específica.

Los servicios por zonas proporcionan combinación de funciones a individuos y organizaciones. Proporciona funciones como marcación de 4 o 5 dígitos, servicio de oficina inalámbrica, y correo de voz.

La zona de usuario es la unidad básica de los servicios por zonas, el cual es creado por áreas geográficas, redes privadas o una combinación de ambas.

La zona de usuario es una opción de suscripción proporcionada a grupos de usuarios específicos. Los abonados pueden identificar la zona de usuario por un nombre.

4.2.13.3. Spot beam.

El spot beam es un método para aumentar la cobertura o la capacidad utilizando un canal piloto suplementario en cierta área de una celda. En áreas con gran capacidad de demanda pero con condiciones de propagación adversas, tales como áreas con edificios en los límites de una celda, el spot beam aumenta la capacidad de abonados en el área y compensa la pérdida de velocidad en la transmisión, en abonados que requieren servicio de datos de alta velocidad, causada por las condiciones de propagación adversas.

Dentro de las áreas que se pueden beneficiar con el spot beam se encuentran las áreas geográficas donde las pérdidas de propagación son grandes, áreas pequeñas que necesitan gran capacidad como centros comerciales, y terminales de transporte. El procesamiento de las llamadas en spot beam se realiza de una manera similar al procesamiento de llamada general en IS-95 y en IS-2000.

La figura 4.5. ilustra el concepto de spot beam.

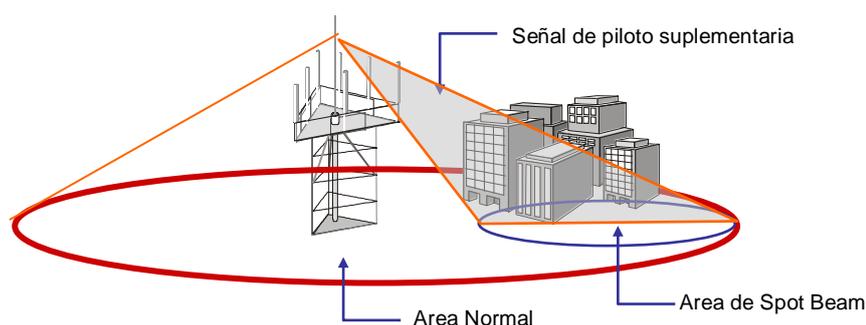


Figura 4.5. Concepto de Spot Beam

Cuando la MS soporta el spot beam cambiando de sitio entre regiones de spot beam y regiones normales, este se maneja de alguna manera como el

handoff. De acuerdo a la potencia medida del piloto la cual es reportada por el móvil, el handoff se realiza como lo especifica la BTS. Sin embargo, los sectores se distinguen por el ruido pseudo aleatorio PN (Pseudo Random Noise) compensado entre sectores normales, mientras que el spot beam se distingue por pilotos suplementarios, por consiguiente se necesita un procedimiento que distinga las regiones para el piloto suplementario.

4.3. FUNCIONES Y SERVICIOS AUXILIARES.

4.3.1. Funciones auxiliares.

La red cdma2000 además de permitir las funciones establecidas en IS-95 tales como servicio de número especial, restricción de llamada por el operador, recuperación de mensajes de voz, prioridad de acceso, permite otras funciones adicionales que se describen a continuación.

4.3.1.1. Control de protocolo DTMF.

El control de protocolo DTMF es una función que suministra al abonado el servicio de red inteligente por ello cuando se provee este servicio y la red móvil necesita enviar una señal DTMF al sistema, la estación móvil convierte la información digitada por el abonado en un mensaje para notificar al MSC, y este transforma el mensaje en una señal DTMF para enviarla al servicio del sistema correspondiente.

4.3.1.2. Control auxiliar remoto.

El control auxiliar remoto es una función que permite al abonado cambiar los servicios recibidos utilizando otro terminal como si fuera el propio. Los abonados llaman a un número específico usando un terminal fijo o móvil, digitando un número de identificación personal e ingresando un código para cambiar el servicio.

4.3.2. SERVICIOS AUXILIARES.

La red cdma2000 además de permitir los servicios establecidos en IS-95 tales como transferencia de llamada, llamada en espera, identificador de llamada, no molestar, servicio de mensajería corta, permite otros servicios adicionales que se describen a continuación.

4.3.2.1. Conferencia telefónica CC.

CC (Conference Calling) es una función que permite comunicación entre múltiples abonados, llamando a uno por uno de manera secuencial y así generar la conferencia telefónica. El número máximo de personas que pueden hablar simultáneamente es seis. Durante una CC, las llamadas de otras personas se mantienen incluso si un abonado diferente al que tiene el control (maestro) cuelga. Sin embargo, si el maestro termina la llamada, todas las CC se terminan.

4.3.2.2. Búsqueda de acceso móvil MAH.

MAH (Mobile Access Hunting) es una función que busca terminales libres los cuales pueden recibir señales de abonados pertenecientes a grupos específicos o intentan finalizar en grupos específicos, y luego intentan llamar en una secuencia dada.

4.3.2.3. Alerta flexible FA.

FA (Flexible Alerting) es una función que permite realizar una llamada a grupos específicos de abonados de manera simultánea, la llamada se conecta al abonado quien responde primero, y las otras llamadas en progreso se liberan.

4.3.2.4. Aceptación de llamada selectiva SCA.

SCA (Selective Call Acceptance) es una función que permite conectar llamadas únicamente a números llamantes que se encuentran en la lista SCA. La lista de SCA es una lista de números a los cuales el abonado llamado le permite establecer una comunicación. Si un abonado que no se

encuentra en la lista SCA origina una llamada a un terminal que tiene habilitado el servicio SCA, se le emite un anuncio o mensaje de negación de envío de llamada y la llamada no se conecta.

4.3.2.5. Acceso del PIN de abonado SPINA.

SPINA (Subscriber PIN Access) es una función que requiere el abonado para introducir su número de identificación personal (PIN) cuando el abonado realiza una llamada o utiliza un servicio especial, y procesa la llamada únicamente cuando el PIN se digita correctamente. Esta función restringe el uso en la red.

4.3.2.6. Intercepción del PIN de abonado SPINI.

SPINI (Subscriber PIN Intercept) es una función que requiere el abonado para introducir su número de identificación personal (PIN) cuando el abonado origina tipos de llamada específicos, y procesa la llamada únicamente cuando el PIN se digita correctamente. Esta función restringe el uso por el abonado.

4.3.2.7. Servicio de correo y Fax FMS.

FMS (FAX Mail Service) permite el envío de fax a múltiples partes simultáneamente, verificación de mensajes recibidos en el correo de voz, y envío de estos mensajes al correo de voz de otro abonado o al fax de abonado.

5. DISEÑO DE UNA RED DE TERCERA GENERACION BASADA EN cdma2000 PARA LA CIUDAD DE POPAYAN

Con el objetivo de realizar el diseño teórico de la red de tercera generación basada en cdma2000 la cual tiene como área de servicio la ciudad de Popayán, se establecen en un comienzo el requerimiento y los criterios para realizar dicho diseño. Posteriormente se procede a escoger el método de planeación que se adapte a las condiciones definidas y por último se realiza el estudio de propagación, el dimensionamiento del sistema y la configuración de los equipos así como los enlaces que los interconectan.

5.1. REQUERIMIENTO

La ciudad de Popayán cuenta con alrededor de 300.000 habitantes que conforman el sector urbano y rural ubicados dentro de un rango de estratificación social que va desde el estrato 1 hasta el 6. Esta ciudad se puede dividir en cinco zonas, zona centro, zona occidente, zona sur, zona norte 1 y zona norte 2, las cuales están conformadas por los diferentes barrios de las 9 comunas existentes en la ciudad. La figura 5.1 muestra el mapa de la ciudad de Popayán.



Figura 5.1. Mapa ciudad de Popayán

De acuerdo a las necesidades de comunicación que se presentan y los avances tecnológicos que ofrecen las empresas líderes en telecomunicaciones, la ciudad de Popayán, al igual que las ciudades del resto del país, contará con una red de comunicaciones de tercera generación que facilite la interacción vocal y visual, búsqueda de información, transacciones y envío de mensajes de una manera directa e inmediata con cualquier persona. Se requiere prestar entre otros, estos servicios avanzados de tercera generación a la ciudad de Popayán y para ello se debe instalar infraestructura de red así como también los equipos que conforman el núcleo de la misma.

5.2. CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE LA RED.

Cada decisión referente al diseño de una red se basa en cuatro criterios: cobertura, capacidad, relación C/I, y costo. La cobertura esta definida como el área (en Km²) a la cual se le presta el servicio. La capacidad es la habilidad para transportar tráfico (Erlangs hoy, bits en el futuro). C/I es un termino usado comúnmente el cual hace referencia a la relación portadora interferencia, la cual a veces se define como el radio de la señal que se espera para las señales no deseadas. El costo es definido por el dinero necesario para adquirir los equipos requeridos para la implementación del diseño de la red.

Estos principios son válidos para todas las redes celulares incluyendo las redes CDMA y las redes de tercera generación. En redes FM y TDMA la interferencia tiene un impacto directo sobre la calidad, por ende donde existe baja C/I hay poca calidad. En redes CDMA, la red responde a altos niveles de interferencia incrementando la potencia, debido a que la potencia total de salida es limitada. Si la interferencia es demasiado severa en una localidad, el sistema puede que no sea capaz de compensarla. Otro efecto de las celdas que envían demasiada intensidad de la señal es el incremento en la transposición entre celdas, sin embargo en CDMA existe una relación entre la interferencia y la capacidad que evitan este inconveniente.

A mediados de los 80's el diseño de redes celulares se basaba en su totalidad en el costo y la cobertura. La capacidad no era un problema debido a que inicialmente el tráfico era muy bajo. La relación espectro a tráfico era grande por lo tanto la interferencia era fácil de controlar.

En las primeras fases, las estaciones base fueron ubicadas en cerros, edificios y torres altas. La renta generada por las celdas era directamente proporcional a la cantidad de tráfico.

La capacidad de las celdas inicialmente no fue un requerimiento en el diseño de la red, pero debido a que el espectro fue usado en grandes proporciones, surgió abruptamente el reuso de frecuencias. En esta instancia, las antenas omnidireccionales fueron remplazadas por antenas direccionales de 3 o 6 sectores en cada celda. La calidad se degradó inmediatamente debido al salto repentino en la complejidad de la red y al incremento en la interferencia adyacente y cocanal. El costo por estación base se incrementó debido a la existencia de un portafolio más amplio de antenas, lo cual implica mayor costo de gestión así como también la necesidad de mayor número de canales.

El problema fundamental que la industria descubrió fue la falta de un camino efectivo para formar un caso de negocios que involucre la capacidad de las celdas. De acuerdo a la teoría celular, la capacidad de las celdas se dimensiona para mantener el objetivo mínimo de C/I. La teoría asume terreno perfectamente plano y distribución de tráfico uniforme. Una vez que el número de canales requerido en un sector alcanza un umbral, se requiere la realización de una división de la celda para que se mantenga una C/I aceptable.

Algunos operadores ensayan un caso de negocios estimando la cantidad aproximada de tráfico que será transportado por la nueva capacidad de la celda. Ellos utilizan la estimación del tráfico para calcular la renta de cada celda. Sin embargo, lo que se asume en estos casos es falso. Si una celda es sobrecargada, ésta no generará nuevo tráfico debido a que el tráfico que

transporta es sobrecargado por otras celdas. El incremento en tráfico y renta de la red es por ende cero.

Otros operadores justifican la nueva capacidad de las celdas con un incremento en la renta. Ellos explican que las nuevas celdas urbanas generan tráfico nuevo mientras que las celdas vecinas aportan una sobrecarga mínima. Esta interpretación asume que el uso se incrementa debido a que las nuevas celdas mejoran la calidad y la penetración de edificios. Debido a que la sobrecarga de tráfico es baja, y hay un salto incremental en el tráfico, se debate que una celda de estas es realmente una celda con cobertura no una celda con capacidad. Es interesante la existencia de una relación directa entre calidad y rentabilidad.

Las métricas de funcionamiento de una red típicamente incluye: caída de llamadas, bloqueo de llamadas, BER, FER, Eb/No o $C/(I+N)$. Las métricas de desempeño de la red reflejan la calidad de la señal. El objetivo de la ingeniería o del software de optimización es maximizar la calidad de la señal, la cual mejoraría los resultados de las métricas de desempeño.

Una forma de obtener una métrica de calidad es considerar el BER ya que lo lógico es que las estadísticas de desempeño se encuentren correlacionadas con la BER. La FER esta directamente relacionada con la BER. Para una red dada, se pueden producir histogramas de BER, con el objetivo de analizar la calidad de la señal predicha y la calidad de la señal medida.

Por otro lado, las antenas inteligentes tienen como función mejorar el desempeño de la red, pero la cantidad de tráfico o la cantidad de mejoramiento en un sector en particular puede ser que no sea lo suficiente para justificar su costo. Muchos ensayan modelar el mejoramiento de la calidad simplemente adicionando unos pocos dB al C/I estimado. Esta aproximación es inadecuada para la mayoría de aplicaciones. La degradación que se predice debe considerar la probabilidad y la severidad de la interferencia para producir una estimación precisa y razonable que pueda ser correlacionada con el BER.

5.3. ESTUDIO DE POBLACION.

Una etapa importante dentro del proceso de diseño de cualquier tipo de red de comunicaciones es el análisis de la población hacia la cual se dirige la prestación de los servicios que se pueden ofrecer a los usuarios. Por tal razón se debe conocer la distribución de usuarios actuales y de usuarios potenciales teniendo en cuenta el crecimiento esperado de población dentro de la zona de cobertura. Esto influye en el momento de decidir que método de planeación emplear con el fin de satisfacer bien sea los objetivos de cobertura RF o la demanda potencial de abonados así como también el tipo de antena y su configuración.

Para el caso particular de la ciudad de Popayán se tiene que el nicho del mercado para los servicios de tercera generación se enfoca hacia los estratos 4, 5 y 6 se ubicados mayoritariamente en la zona norte 1 y en la zona centro. El crecimiento de la ciudad se proyecta hacia la zona norte 2 donde se encuentra la parte industrial de la ciudad lo cual prevee demanda de servicios de tercera generación por parte de las personas ubicadas en estos sectores debido a que son ellos quienes cuentan con los recursos económicos necesarios para invertir en el uso del servicio ofrecido por la red y además son usuarios potenciales debido a que el modelo actual de negocios exige inmediatez en la comunicación ya sea de voz, de datos, o de video con el fin de hacer más eficiente, rentable y productivo el negocio para el cliente de la red.

5.4. METODOS DE PLANEACION.

El desarrollo de una red cdma2000 requiere el entendimiento del comportamiento de los abonados, además de una comprensión de las capacidades de las tecnologías de radio y los equipos. Dos metodologías son utilizadas para la planeación las cuales se conocen con los nombres de enfoque top-down y enfoque bottom-up. Cada enfoque tiene ventajas y desventajas pero se escogió el método de planeación top-down debido a que se ajusta mejor a las características impuestas por el requerimiento. A continuación se tratan cada uno de los métodos de planeación nombrados.

5.4.1. PLANEACION DE TRAFICO TOP-DOWN.

Este tipo de planeación asume que la red RF es la tarea de diseño más importante, y que toda las tareas fluyen a partir del diseño de RF. Los objetivos de cobertura RF se satisfacen suministrando un nivel de señal promedio en un punto dado del espacio, considerando la demanda de tráfico como secundaria. Este enfoque es empleado típicamente cuando las estaciones base de la red son pocas.

Una vez que los objetivos de cobertura han sido logrados con esta metodología, la provisión de red local se puede lograr comparando la capacidad de tráfico inicialmente estimada. A partir de esto, se puede tomar decisiones de diseño adicionales con el objetivo de incrementar o decrementar los recursos apropiadamente. El análisis de tráfico desde este punto de vista consiste en asumir que existe demanda en el área de cobertura, que la demanda esta distribuida entre los servidores (estaciones base) y que cada periodo de tiempo la red puede requerir aprovisionamiento adicional para atender la demanda a medida que el tráfico se incrementa.

Dentro de las ventajas de este método está la fácil visualización e implementación además de su aplicación en celdas con baja densidad de tráfico las cuales tienen ventajas de costo. La capacidad de la red puede calcularse fácilmente conociendo el número de BTSs y el punto de partida así como también el factor de carga.

Sin embargo este método tiene la desventaja de tener una alta probabilidad de inconcordancia entre cobertura y la demanda de tráfico en una área dada. El resultado neto se puede reflejar en la estimación de BTSs innecesarias si la demanda de tráfico llega a ser más baja de lo esperado, o en una necesidad de BTSs adicionales si la demanda de tráfico llega a ser más alta.

La planeación de tráfico utilizando esta metodología compara el número de celdas en su capacidad inicial con la demanda de tráfico estimada. Si el

tráfico estimado es mayor que la capacidad inicial entonces se debe añadir capacidad a la red. Dadas las características de este método de planeación es utilizado en aplicaciones de baja densidad de tráfico.

5.4.2. PLANEACION DE TRAFICO BOTTOM-UP

Esta metodología asume que el nivel bajo de demanda potencial de abonados es la consideración de diseño más importante. Una red se define por la división del área de cobertura de acuerdo a la demanda de tráfico.

Una vez que la demanda de tráfico local es determinada en cada área (puede ser con un censo de área) existen dos caminos para encontrar el requerimiento de equipos:

- Agrupar las áreas de demanda subdivididas de acuerdo a la capacidad inicial de la estación base.
- Calcular la demanda de tráfico agregada del área en su totalidad y encontrar la cantidad de canales de procesamiento (en las BTS) y vocoders (en la BSC) requeridos para suministrar la capacidad exigida por la demanda.

El número óptimo de estaciones base y controladores puede ser calculado fácilmente y del número óptimo de BTS, se puede diseñar e implementar el plan de RF.

Este método tiene la ventaja de que la red es diseñada para alcanzar la demanda de tráfico esperada, lo cual reduce la magnitud de los cambios requeridos por la red posteriormente, con el fin de suministrar servicio que soporte el crecimiento de la misma.

Sin embargo este método tiene la desventaja de que el proceso puede tomar un poco más de tiempo, además que implica un esfuerzo adicional antes de determinar la ubicación de la estación base. Además el costo inicial puede ser más alto hasta que la demanda actual alcance la demanda proyectada.

No obstante, mientras este método puede incrementar el costo inicial de construcción de la red, también incrementa la capacidad inicial de la red y esto reduce las modificaciones requeridas posteriormente en cuanto a la cobertura RF y los equipos de la infraestructura. Esto asegura que el grado de servicio del abonado permanece constante en situaciones de alta demanda.

5.5. ZONA DE COBERTURA.

La definición de esta área se realiza de tal manera que se pueda tener máxima cobertura dentro del desplazamiento de los usuarios de la red de tercera generación.

Como ayuda para la selección del cerro donde se ubicará la antena se utiliza las cartas topográficas correspondientes al Departamento del Cauca y a la Ciudad de Popayán, elaboradas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Estas cartas permiten determinar la ubicación de los cerros donde se ubicaría la estación base para lograr cumplir con el objetivo de cobertura.

En la zona del área de servicio correspondiente a Popayán, se presenta un terreno ondulado, con algunas alturas sobresalientes (como el Cerro de las Tres Cruces) que permite la ubicación de la estación base, debido a que el estudio correspondiente a la distribución de la población corrobora que la localización del Cerro de las Tres Cruces facilita la consecución del objetivo de cobertura dado principalmente por la marcada tendencia de demanda de servicios establecida por los usuarios de la red que se encuentran ubicados en la zona centro y en la zona norte 1.

Ubicando la estación base en el cerro de las Tres Cruces se da cobertura a la zona geográfica donde se encuentra el mercado objetivo, ya que la distancia en ningún caso sobrepasa 4 Kilómetros desde la BTS hasta el sitio donde están ubicados los usuarios. Además se garantiza que no existan sombras, afianzando la línea de vista necesaria para prestar un servicio de calidad.

En general hay dificultad para ubicar la BTS en la terraza de algún edificio debido a la complicada gestión para conseguir sitios en la ciudad de Popayán ya que es una ciudad con arquitectura colonial que limita la ubicación de una torre puesto que no estaría acorde con la estética de la ciudad.

Por otra parte desarrollar el sitio destinado para la ubicación de la BTS implicaría una inversión muy alta puesto que habría que montar equipos, llevar acueducto, energía eléctrica, construcción de carreteras que permitan el fácil acceso e instalar una línea telefónica. En el caso particular de las Tres Cruces, se puede decir que el sitio ya está desarrollado puesto que cuenta con la infraestructura (torres, energía, etc.) necesaria para ubicar la BTS. Además no existen problemas de seguridad ya que el cerro cuenta con vigilancia permanente.

5.6. PROPAGACION.

Uno de los aspectos más relevantes en el diseño de un sistema móvil de comunicación inalámbrica es el estudio de propagación debido a que permite predecir el comportamiento de los campos electromagnéticos dentro del área de servicio obteniendo así el límite de la misma.

La trayectoria de las MS en los sistemas de comunicación celular varían permanentemente con el tiempo debido a su constante desplazamiento. Por tal razón la MS puede llegar a recibir directamente la señal proveniente de la estación base, así como también puede recibir la señal difractada o reflejada por los diferentes obstáculos que se encuentren próximos a la MS tales como edificios, montañas, vegetación y otros, haciendo que el nivel de la señal llegue atenuado y desfasado.

El factor de atenuación de la señal es proporcionado por las condiciones topográficas, ambientales y por el tipo de medio (urbano, suburbano y rural), las cuales obligan a introducir los respectivos factores de corrección que determinan el nivel de la señal en el punto de recepción.

5.6.1. PARAMETROS UTILIZADOS EN EL CALCULO DE PROPAGACION

Para determinar el área de cubrimiento por estación base se tiene en cuenta el tipo de terreno, la elevación del terreno, etc. Los requerimientos para determinar el área de cubrimiento se pueden dividir en dos tipos: externos y logísticos.

- Parámetros externos:
Tipo de terreno: vegetación, selva, bosque, poblado, etc.
Elevación del terreno

- Parámetros logísticos:
Potencia Radiada Aparente PRA de la estación base
Potencia Radiada Aparente PRA de la estación móvil
Inclinación y orientación de las antenas
Ganancia del sistema de recepción

5.6.1.1. Cálculo de la potencia de transmisión

Parámetros a considerar:

- Ambientales:
Tipo de medio, Perdidas por difracción, desvanecimiento, multitrayectoria, etc.
- Del sistema:
Frecuencia, distancia de cobertura, alturas efectivas de las antenas transmisora y receptora.
- De los equipos:
Ganancia de las antenas, sensibilidad del receptor, pérdidas por atenuación, longitud del cable conector.

La tabla 5.1 presenta las características técnicas de los elementos utilizados en el diseño.

5.6.1.2. Proceso de cálculo

Campo mediano necesario (E_N): campo necesario para dar cubrimiento a la zona de servicio.

$$E_N = E_{mdB\mu} + \Delta \sigma E + \Delta eE \quad (1)$$

E_N = Campo mediano necesario

$E_{mdB\mu}$ = Campo Mínimo Utilizado, depende de la sensibilidad del receptor

$\Delta \sigma E$ = Corrección por Ruido Multitrayecto

ΔeE = Corrección Estadística, según disponibilidad espacial y temporal

Campo mínimo utilizable ($E_{mdB\mu}$): Está en función de la sensibilidad del receptor.

$$E_{mdB\mu} = 20\log S[\mu V] + 20\log f[\text{MHz}] - G_d - 32 \quad (2)$$

$S[\mu V]$ = sensibilidad del receptor

G_d = ganancia de la antena con respecto al dipolo

$$S[\text{dB}\mu] = 107 + S(\text{dBm}) \quad (3)$$

$$S[\mu V] = 10^{(S[\text{dBm}/\mu V]/20)} \quad (4)$$

- **Corrección por ruido multitrayecto ($\Delta \sigma E$):**

Se estima según la figura 5.2 permitiendo observar la variación de la calidad de recepción de una estación móvil mientras que la figura 5.3 muestra la variación de la calidad de recepción de una estación base, de acuerdo a la frecuencia utilizada y al trayecto deseado:

Trayecto: Desde la Estación Base hasta la Estación Móvil

A: vehículo parado en zona de mucho ruido

B: vehículo en movimiento en zona de mucho ruido

C: vehículo en movimiento en zona de poco ruido

Potencia	Estación Base = 60 Vatios (valor promedio) para 4 Kms Estación Móvil = 1 – 6 Vatios
Frecuencia	1900 Mhz
Alturas Antenas	Estación Base = 60 Metros sectorizada (3 sectores) Estación Móvil = 1.5 Metros Omnidireccional
Cobertura Perimetral	90% Emplazamientos 90% del tiempo
Ganancia Antenas	Estación Base = 18 dBd (de acuerdo a la antena seleccionada) Estación Móvil = 14 dBd
Calidad de la señal	Rx EB → Nota 4 vehículo en marcha (1 vehículos/seg) Rx EM → Nota 4 vehículo en marcha
Sensibilidad estática	EM → -85 dBm EB → -85 dBm
Perdidas	<ul style="list-style-type: none"> • Conectores Andrew (6 Unidades) FSJ4 superflex ½" Right angle/N Right angle (0.5 – 10200MHz) 0,5 dB por unidad • Jumper superflex ½" plaled DIN Male DIN female connectors (0.5 – 10200MHz) 7.22 dB/100 Metros • Línea de transmisión Premium ½" foam Heliac (940 –2700 MHz) 3.128 dB/30 metros

Tabla 5.1. Características de los elementos utilizados en el diseño

• **Corrección Estadística (ΔeE)**

Se define de acuerdo a ciertas curvas y desviaciones tales como:

$$\Delta eE = \sqrt{\left[(k p_e) \sigma_e \right]^2 + \left[(k p_t) \sigma_t \right]^2} \quad (5)$$

Donde Kp_e , kp_t , σ_e , σ_t son valores especiales de desviaciones gaussianas, dados por curvas para UHF y disponibilidad del 90% o mayor.

Kp_e = variable de espacio

kp_t = variable de tiempo

σ_e = desviación típica de la variabilidad en el espacio

σ_t = desviación típica de la variabilidad en el tiempo

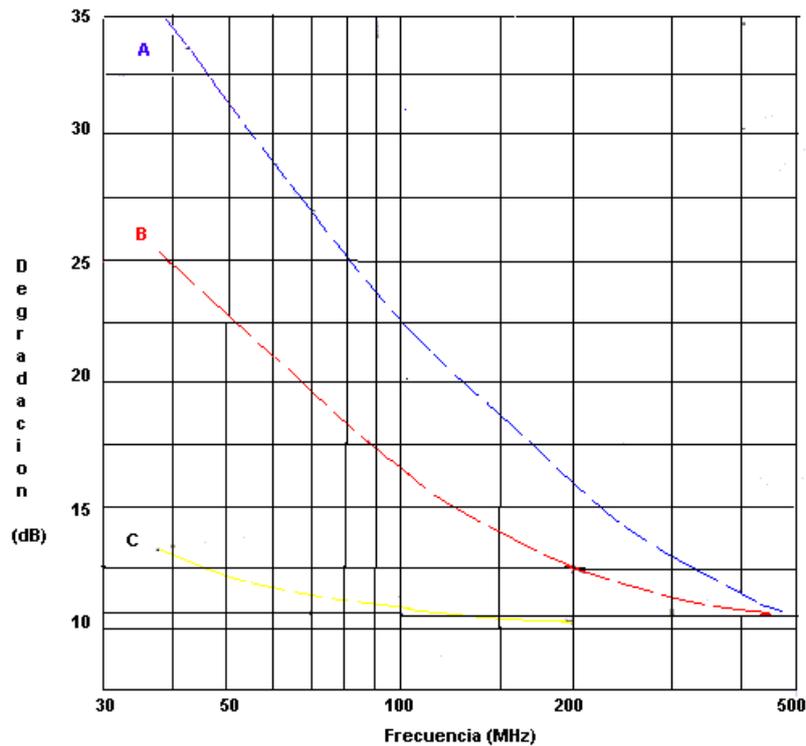


Figura 5.2. Variación de la calidad de recepción en una estación móvil

Trayecto: Desde la Estación Móvil hasta la Estación Base

A: Vehículo en marcha, la densidad de tráfico es de 2 [Vehículo/Segundo]

B: Vehículo en marcha, la densidad de tráfico es de 1 [Vehículo/Segundo]

C: Vehículo en marcha, no hay ruido de encendido ni ruido ambiental

D: Vehículo parado, la densidad de tráfico es de 2 [Vehículo/Segundo]

E: Vehículo parado, la densidad de tráfico es de 1 [Vehículo/Segundo]

La tabla 5.2 presenta los parámetros para calcular desviaciones gaussianas:

%	Kp	Banda	σ_e	Ubicación	σ_t
50	0.00	VHF	8	Tierra-mar	3
75	0.67	UHF	10	Tierra	2
90	1.28			Mar	9

Tabla 5.2. Parámetros para calcular la desviación gaussiana

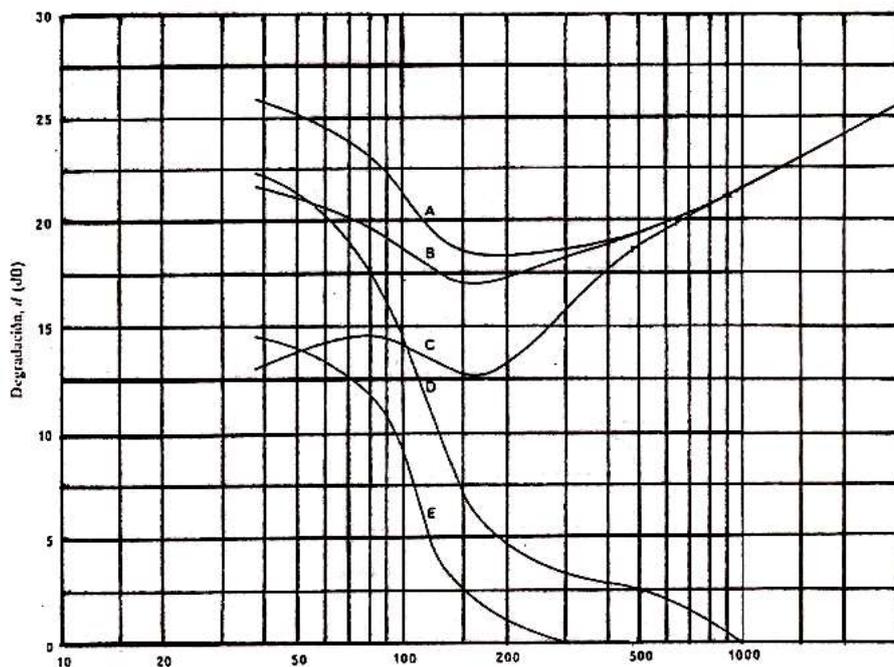


Figura 5.3. Variación de la calidad de recepción en una estación base
Degradación (dB) vs. Frecuencia (MHz)

5.6.1.2.1. Campo medio necesario en la Estación Móvil.

En la fórmula (3) se reemplaza la sensibilidad estática de la MS y se obtiene el siguiente resultado:

$$S[\text{dBu}] = 107 - 85 = 22\text{dBu} \quad (6)$$

Para encontrar $E_{m\mu}$ se reemplaza en la fórmula (2) el resultado de la fórmula (6) y los siguientes valores:

Ganancia de la antena de la Estación base con respecto al dipolo $G_a = 18$ dBd

$$G_d = G_a - L_{tx}$$

G_a es la ganancia de la antena con respecto al radiador isotrópico

L_{tx} son las pérdidas que introduce la línea de transmisión

$$L_{tx} = 3.128 \text{ dB}/30\text{mts} * 60\text{mts} = 6.256 \text{ dB}$$

$$G_d = 18 - 6.256 \text{ dB} = 11.744 \text{ dB}$$

Frecuencia de operación $f = 1900$ MHz

Remplazando en la ecuación (2) se obtiene:

$$E_{\text{dB}\mu} = 22 + 20\text{Log } 1900 - 11.744 - 32 = 43.83 \text{ dB}\mu \quad (7)$$

De la figura 5.2. se encuentra $\Delta \sigma E$, Trayecto descendente, vehículo en marcha, en zona mucho ruido debido a que se toma el caso mas crítico con el fin de garantizar cobertura total, por tal razón se escoge la curva B a una frecuencia de 1900 MHz obteniendo:

$$\Delta \sigma E = 10 \text{ dB} \quad (8)$$

Mediante la fórmula (5) se encuentra ΔeE tomando los valores correspondientes de la tabla 5.2.

$$K_{pe} = 1.28 \text{ (90\% emplazamientos)}$$

$$\sigma_e = 10 \text{ (UHF)}$$

$$K_{pt} = 1.28 \text{ (90\% del tiempo)}$$

$$\sigma_t = 2$$

Se reemplaza estos datos obteniendo:

$$\Delta eE = \sqrt{[1,28 * 10]^2 + [1,28 * 2]^2}$$

$$\Delta eE = 13.053 \text{ dB} \quad (9)$$

Luego se encuentra E_N utilizando la formula (1) y tomando los resultados obtenidos en las ecuaciones (7), (8) y (9):

$$E_N = E_{\text{dB}\mu} + \Delta \sigma E + \Delta eE$$

$$E_N = 43.83 \text{ dB}\mu + 10 \text{ dB} + 13.053 \text{ dB}$$

$$E_N = 66.88 \text{ dB}\mu \quad (10)$$

5.6.1.2.2. Campo medio necesario en la Estación Base.

De la fórmula (3) se halla la sensibilidad tomando los siguientes valores:

$$S[\text{dB}/\mu\text{V}] = 107 - 85 = 22 \text{ dBm} \quad (11)$$

Se halla $E_{m\mu}$ utilizando la fórmula (2) reemplazando los siguientes valores:

Ganancia de la Estación móvil con respecto al dipolo G_d [dB] = 14

Frecuencia de operación f [MHz] = 1900

$$E_{mB\mu} = 22 + 20\text{Log } 1900 - 14 - 32 = 32.165 \text{ dB}\mu \quad (12)$$

De la figura 5.3 se encuentra $\Delta \sigma E$. Vehículo en marcha en zona de mucho ruido, un vehículo por segundo, por lo tanto se escoge la curva B y la frecuencia de 850 MHz, obteniendo:

$$\Delta \sigma E = 22.55 \text{ dB} \quad (13)$$

Mediante la fórmula (5) se calcula ΔeE , teniendo en cuenta las mismas consideraciones de la tabla 5.2 como en el caso anterior:

$$\Delta eE = 13.053 \text{ dB} \quad (14)$$

Luego se deduce E_N utilizando la formula (1) y reemplazando los resultados obtenidos en las ecuaciones (12), (13) y (14):

$$\begin{aligned} E_N &= E_{mB\mu} + \Delta \sigma E + \Delta eE \\ E_N &= 77.178 \text{ dBu} \end{aligned} \quad (15)$$

5.6.1.3. Cálculo de cobertura

Para determinar el cubrimiento que va a suministrar el sistema se debe calcular el campo eléctrico del transmisor a una distancia d .

El campo de un transmisor a una distancia d esta dado por la siguiente ecuación:

$$E(d) = 109.4 + \text{PRA} [\text{dBm}] + 20\text{Log } f[\text{MHz}] - L_b(d) \quad (16)$$

$L_b(d)$ [dB] = pérdidas de propagación en medio urbano del modelo Okumura Hata

$\text{PRA} [\text{dBm}]$ = Potencia Radiada Aparente(PRA) que radia la antena hacia el espacio libre, esta potencia se calcula como sigue:

$$PRA(\text{dBm}) = 10\text{Log}(\text{pot}) + G_a(\text{dB}) - L_{\text{TOT}} \quad (17)$$

- **Cálculo de la potencia radiada aparente P.R.A.**

Si se quiere obtener el valor de P.R.A. en dBw, se da el valor de la potencia de transmisión del radio en dBw.

$$PRA[\text{dBw}] = 10\text{Log}(\text{potencia} * 1000) + G_a(\text{dB}) - L_{\text{TOT}} \quad (18)$$

En la figura 5.4 se observa el esquema del transmisor y la antena para calcular las pérdidas totales.

Las pérdidas totales se obtienen de sumar las pérdidas en el Sistema de distribución de RF, las pérdidas en los conectores y las pérdidas en el cable. Las pérdidas en el radio se obtienen midiendo la potencia a la salida del sistema de distribución y restando este valor al obtenido del cálculo de potencia en la estación base.

$$L_{\text{TOT}} = L_{\text{RADIO}} + L_{\text{tx}} + L_{\text{JAMP}} + L_{\text{CONEC}} \quad (19)$$

Pérdida en radio(dB) = pérdidas de la estación base

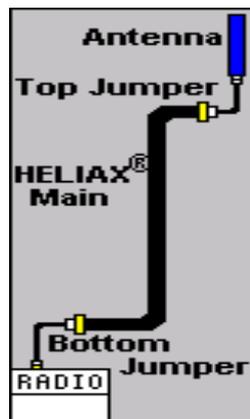


Figura 5.4. Conexión del transmisor y la antena

Las pérdidas de los conectores se hallan a partir de los valores suministrados por el fabricante los cuales pueden ir desde 0,05 dB hasta 1 dB.

Las pérdidas en los jumpers y la línea de transmisión, se calculan teniendo en cuenta el valor nominal de pérdida por unidad de longitud suministrado por el fabricante para cada tipo de cable.

- Ganancia de la antena de Transmisión

La ganancia de la antena está dada en dBd o dBi; la ganancia en dBd es medida con respecto a un dipolo simple (ganancia unitaria). La ganancia en dBi es medida con respecto al radiador isotrópico ideal; generalmente en los manuales se da la ganancia de antena en dBd.

Cuando se tienen las ecuaciones necesarias se calcula las pérdidas de propagación, utilizando el modelo de OKUMURA-HATA para hallar la distancia de cobertura.

$$L_b(d) [\text{dB}] = C_1 + C_2 \log(f) - 13,82 \log(h_b) - a(h_m) + (44,9 - 6,55 \log(h_b)) \log(d) + C_0 \quad (20)$$

Donde:

$L_b(d)$ = pérdida de trayecto, [dB]

f = Frecuencia [MHz]

d = distancia entre la estación base y el móvil, [Km] ($1 \text{ Km} < d < 20 \text{ Km}$)

h_b = altura efectiva de la antena de la estación base [m] ($30 \text{ m} < h_b < 200 \text{ m}$)

$a(h_m) = (1,1 \log(f) - 0,7) h_m - (1,56 \log(f) - 0,8)$ sector urbano (21)

h_m = altura efectiva de la antena móvil [m] ($1 \text{ m} < h_m < 30 \text{ m}$)

$C_0 = 0 \text{ dB}$ para sector urbano

$C_1 = 46,3$ para $1500 \text{ MHz} < f < 2000 \text{ MHz}$

$C_2 = 33,9$ para $1500 \text{ MHz} < f < 2000 \text{ MHz}$

5.6.1.3.1. Cobertura de la Estación Base.

Teniendo en cuenta los datos registrados en la tabla 6 se encuentra las correcciones $a(h_m)$:

H_m [mts] = 1.5

h_b [mts] = 60

$$f \text{ [MHz]} = 1900$$

Se utiliza la formula (21) para hallar $a(h_m)$ en medio urbano:

$$a(h_m) = 0,045 \quad (22)$$

Reemplazando todos los valores respectivos en la fórmula (20), se obtiene:

$$C_0 = 0 \text{ dB}$$

$$C_1 = 46.3 \text{ dB}$$

$$C_2 = 33.9 \text{ dB}$$

$$f = 1900 \text{ MHz.}$$

$$h_b = 60\text{mts}$$

$$L_b(d)[\text{dB}] = 46.3 + 33.9 \text{ Log}(1900) - 13.82 \text{ Log}(60) - 0.045 + (44.9 - 6.55 \text{ Log}(60)) * \log(d) + 0$$

$$L_b(d)[\text{dB}] = 132.83 + 33.25 \text{ Log}(d) \quad (23)$$

A continuación se calcula la potencia radiada aparente PRA

$$PRA = 10 \text{ Log} (\text{pot}) + G_a \text{ [dB]} - L_{TOT}$$

$$L_{TOT} = L_{RADIO} + L_{tx} + L_{JAMP} + L_{CONEC}$$

Donde:

$$L_{RADIO} = 3.4\text{dB dado por el fabricante}$$

$$L_{tx} = 3.128\text{dB}/30\text{mts} * 60\text{mts} = 6.256 \text{ dB}$$

$$L_{JAMP} = 7.22\text{dB}/100\text{mts} * 6\text{jampers} = 0.43\text{dB}$$

$$L_{CONEC} = 0.05\text{dB} * 6 = 0.3 \text{ dB}$$

$$L_{TOT} = 10.386 \text{ dB}$$

Teniendo en cuenta que la potencia de transmisión dada por el fabricante son 60 vatios

$$PRA = 10 \text{ Log} (60*1000) + 18 \text{ [dB]} - 10.386 \text{ dB}$$

$$PRA = 55.395 \text{ dBm} \quad (24)$$

Se reemplaza el resultado de la ecuación (24) en la fórmula (16) para encontrar el campo del transmisor a una distancia d:

$$E(d) = 109.4 + PRA[\text{dBm}] + 20 \text{ Log } f[\text{MHz}] - L_b(d)[\text{dB}]$$

$$E(d) = 97.54 - 33.25 \text{ Log}(d) \text{ dB} \quad (25)$$

Ahora se iguala el valor del campo mínimo necesario E_N de la Estación Base a la Estación Móvil de la ecuación (10) con el campo eléctrico a una distancia d de la ecuación (25) para hallar la cobertura de la Estación Base.

$$E_N = E(d)[\text{dB}] = 97.54 - 33,25\text{Log} (d)$$

$$66.88\text{dB}\mu = 97.54 - 33,25\text{Log} (d)$$

$$d = 10^{(97.54-66.88/33.25)} = 8.36 \text{ Km} \quad (26)$$

5.6.1.3.2. Cobertura de la Estación Móvil

Para realizar los cálculos de cobertura de la Estación Móvil Se tiene en cuenta las mismas consideraciones que en el caso anterior, solo se cambian los resultados de la Potencia Radiada Aparente PRA expresado en la fórmula (18) y el valor del campo mínimo necesario E_N de la Estación Móvil a la Estación Base:

$$PRA[\text{dBm}] = 10\text{Log} (\text{pot}) + G_a(\text{dB}) - L_{\text{TOT}}$$

$$\text{Potencia Móvil} [\text{vatios}] = 5$$

$$G_a[\text{dB}] = 14 \text{ dBd}$$

Para este caso se consideran perdidas bajas de elementos pasivos tomando un valor de 0,5 dB:

$$\text{Perdidas Totales EM} [\text{dB}] = 0,5 \quad (27)$$

$$PRA[\text{dBm}] = 10\text{Log} (5*1000) + 14\text{dB} - 0.5\text{dB}$$

$$PRA[\text{dBm}] = 50.49 \text{ dBm} \quad (28)$$

Para este caso, dado que las variables de las perdidas de trayectoria $L_b(d)$ no cambian, se toma el valor encontrado en la formula (23):

$$L_b(d)[dB] = 132.83 + 33.25 \text{ Log}(d)$$

Ahora se halla el valor del campo a una distancia d

$$E(d) = 109.4 + PRA[dBm] + 20 \text{ Log } f[\text{MHz}] - L_b(d)[dB]$$

$$E(d) = 92.635 - 33.25 \text{ Log}(d) \text{ dB} \quad (29)$$

Igualando el valor del campo mínimo necesario E_N de la Estación Base a la Estación Móvil (EM → EB) de la ecuación (10) con el campo eléctrico a una distancia d de la ecuación (29) para hallar la cobertura de la Estación móvil.

$$E_N = E(d)[dB] = 92.635 - 33.25 \text{ Log}(d)$$

$$77.178 \text{ dB}\mu = 92.635 - 33,25\text{Log} (d)$$

$$d = 10^{(92.635 - 77.178/33.25)} = 3.92 \text{ Km} \quad (30)$$

5.6.2. ANTENAS.

La antena escogida para el diseño de una red de tercera generación para la ciudad de Popayán que utiliza cdma2000 como interfaz de radio es la PCS-11015-0D de Andrew debido a que se acomoda a las características planteadas. Esta antena se muestra en la figura 5.5.



Figura 5.5. Antena PCS-11015-0D

La antena tiene una ganancia de 18 dbd, trabaja en el rango de frecuencia de 1710 MHz a 1990 MHz, utiliza polarización vertical, la intermodulación es menor a 150, tiene una impedancia de 50 ohms, la máxima potencia de entrada es de 500 watts, el rango de temperatura es de -40°C a 70°C y la

humedad es del 100%. El patrón de radiación de la antena escogida en decibelios se describe en la figura 5.6. Y el patrón de radiación en decibelios se describe en la figura 5.7.

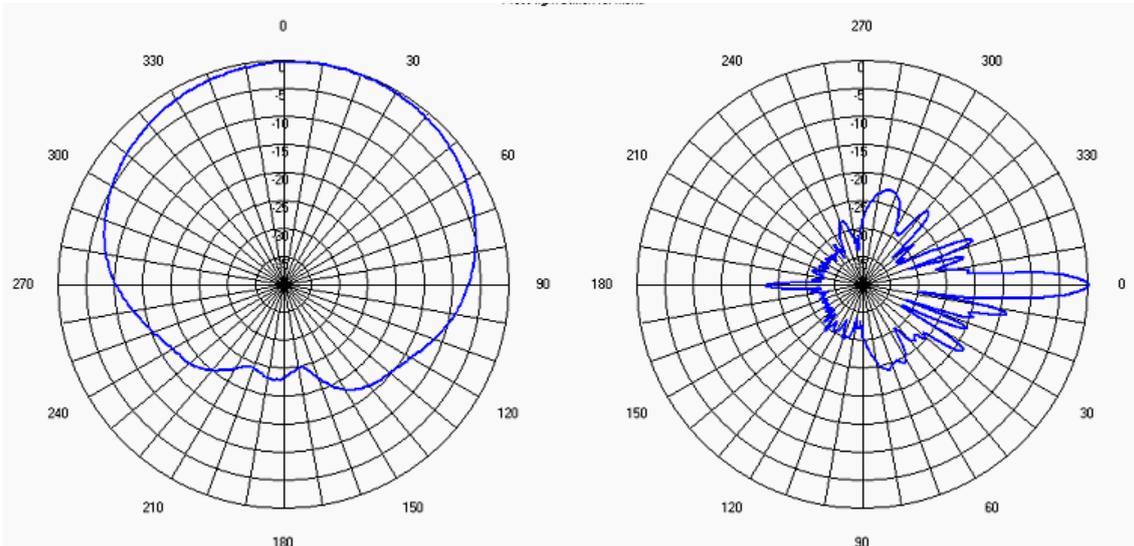


Figura 5.6. Patrón de radiación de la antena en decibelios

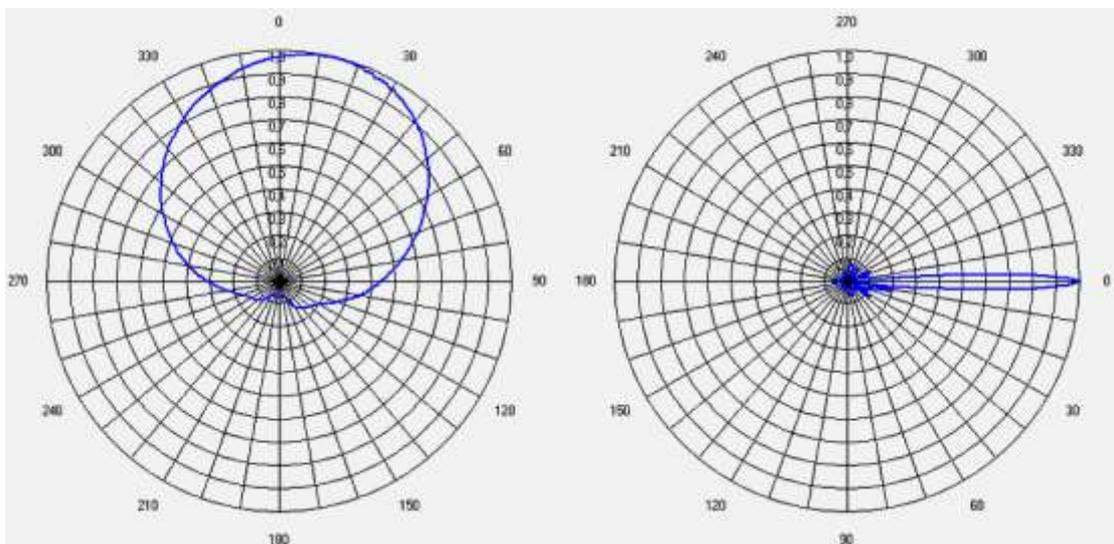


Figura 5.7. Patrón de radiación de la antena en amplitud

5.7. ANALISIS DE TRAFICO

Una red es proyectada para suministrar cobertura de señal a un área geográfica limitada. Debido a múltiples razones (mercadeo, situación social, demográfica, económicas, entre otros) no toda la gente en el área utilizará la red. La red necesita ser diseñada para suministrar suficiente capacidad

para servir a parte de los abonados en lugar de su totalidad dentro del área de cobertura.

El diseño que se realizará a continuación utiliza la metodología ascendente conocida como top-down para determinar las capacidades de los equipos en la red. Para la ciudad de Popayán se tienen las siguientes características:

- La red de la ciudad de Popayán cuenta con 3000 abonados que están en capacidad de utilizar el servicio de una red de tercera generación. Estudios de mercado han demostrado que en el primer año de operación, el número de abonados de la red crecerá en 10% en los tres primeros años.
- La red está diseñada para soportar una carga de 14 usuarios por sector con un grado de servicio del 1%. Usando la tabla de Erlang B se obtiene 7.28 Erlang por sector.
- La fórmula de probabilidad de tráfico está dada por:

$$B(N, A) = \frac{A^N / N!}{\sum_{k=0}^N A^k / k!}$$

$$C(N, A) = \frac{N \cdot B(N, A)}{N - A[1 - B(N, A)]}$$

- La situación financiera solo permite un sistema simple de asignación de frecuencias para los tres primeros años de operación.
- Cada abonado realiza una llamada de 120 segundos de duración durante la hora pico.

El tráfico ofrecido está definido como:

$$A = nT/3600$$

Donde:

A = Tráfico ofrecido

n = Número de llamadas por hora

T = Tiempo promedio de llamada (en segundos)

Tomando $n = 1$ y $T = 120$, entonces:

$$A = 1 * 120/3600 = 30 \text{ mE}$$

Entonces los abonados por sector son $7.28/0.030 = 243$.

5.7.1. CALCULOS DE LA RED

En el primer año se tienen 3000 abonados. Asumiendo que el 20% de los abonados utiliza el servicio de la red simultáneamente es:

$$3000 * 20/100 = 600 \text{ abonados}$$

El número de Erlangs necesarios para servirlos (asumiendo una distribución de tráfico) es:

$$\text{Erlangs} = 600 * 7.28/243$$

entonces la cantidad total de Erlangs es = 17.97

El número requerido de sectores es $600/243 = 2.44$ sectores que se aproxima a 3. Si la antena la dividimos en 3 sectores tenemos $3/3 = 1$ BTS.

La carga de tráfico de la red será como se muestra en la tabla 5.3. Una única FA en 1 BTS suministra suficiente capacidad en la red para lograr la demanda de tráfico esperada en los tres primeros años.

Año	% penetración en el mercado	Abonados	Erlangs	BTSs
1	10	3.000	17.97	1
2	10	3300	19.77	1
3	10	3630	21.75	1

Tabla 5.3. Carga de tráfico de la red

5.7.1.1. Cálculo de los codificadores de voz.

El número de codificadores de voz se calcula usando el tráfico total en Erlangs de la BTS del BSC, y la probabilidad de bloqueo en el enlace entre el BSC y el MSC. Para la red de la ciudad de Popayán se permite una probabilidad de bloqueo del 1 %:

$$N_{VOC} = \text{ErlangB} (\sum \text{Erlang}_{BTS}, P_B)$$

$$N_{VOC} = \text{ErlangB} (17.97, 0.01)$$

$$N_{VOC} = 10.33$$

$$N_{VOC} = 11 \text{ vocoders}$$

Como el BSC tiene una capacidad de 1904 codificadores de voz, un BSC soportará el tráfico ofrecido en los tres primeros años.

Considerando únicamente el tráfico ofrecido, el número de BSCs, BTSs y codificadores de voz requeridos para los primeros tres años se muestran en la tabla 5.4.

Año	% penetración del mercado	BSCs	BTSs	Vocoders
1	10	1	1	11
2	10	1	1	12
3	10	1	1	14

Tabla 5.4. Codificadores de voz.

La consideración también debe ser dada por la capacidad de procesamiento del BSC y el número de BTSs que se pueden conectar al BSC, antes de determinar el número final de BSCs.

5.7.1.2. cálculo de la cantidad de BTS

Para satisfacer las condiciones de capacidad y cobertura, el mayor número de BTSs requerido para cubrir el área de servicio en Popayán y para servir el número de abonados se debe escoger utilizando la siguiente expresión:

$$BTS_{TOT} = \text{Max}(BTS_{TRAFICO}, BTS_{COBERTURA})$$

Donde:

BTS_{TOT} = Número final de BTSs requeridas

$BTS_{TRAFICO}$ = Número de BTSs requeridas para servir abonados

$BTS_{COBERTURA}$ = Número de BTSs requeridas para cubrir el área de servicio

De acuerdo a los cálculos realizados para estimar el área de cobertura de acuerdo a los parámetros técnicos de las BTS se concluye que solo se requiere una BTS.

5.7.1.3. Cálculo de la cantidad de BSC.

El número de BSCs se puede determinar a partir del número de BTSs, del número de codificadores de voz que se pueden instalar.

La relación de vocoders es aproximadamente 0.7 – 0.8.

Esto se puede calcular con la siguiente expresión:

$$BSC_{TOT} = \text{Max} [(Número de BTSs necesaria/64), (Número necesario de vocoders / (1904/relación de vocoders))]$$

Donde:

BSC_{TOT} = Número final de BSCs requeridos

Número necesario de vocoders = Número de vocoders requeridos para soportar el tráfico esperado

Relación de vocoders = La relación de número de vocoders instalados al máximo número de vocoders

$$BSC_{TOT} = \text{Max} [(1/64), (14 / (1904/0.8))]$$

$$BSC_{TOT} = \text{Max} [(1), (1)]$$

$$BSC_{TOT} = 1$$

Aproximando al máximo, se requiere un solo BSC para soportar el tráfico a 3 años.

En la mayoría de los casos, se utiliza un sistema de referencia de 3-FA. Además es conveniente diseñar el número de BSCs basándose en la posibilidad de adición de FAs que permitan un futuro crecimiento de la red.

Los requerimientos de canales FA adicionales pueden ser determinados con la siguiente expresión:

$$\text{Num_canales} = \text{Roundup}[(\text{TCHs} \times \text{núm_de_sectores}) / 72] \times \text{número de FAs}$$

Para un sistema de 3-FA

$$\text{Num_canales} = \text{Roundup}[(14 \times 1) \times (1 \times 3) / 72] \times 3$$

$$\text{Num_canales} = 2$$

5.7.2. CONFIGURACION.

5.7.2.1. Configuración del BSC.

Con 1 BSC, se soportan 64 BTS lo cual nos da la capacidad de soportar la BTS requerida para el diseño.

Cada BTS se puede conectar al BSC por medio de un enlace E1. Cada módulo AETA soporta 6 enlaces E1, de tal forma que 1 módulo ensamblador de la interfaz E1/T1 ATM AETA (ATM E1/T1 interface Assembly) se requiere en la BSC. Se requiere un módulo ensamblador STM-1/OC-3 ATM AS1A (ATM STM-1/OC-3 Assembly) para conectar el BSC a la BSM.

5.7.2.1.1. Configuración del SBGR.

Se requiere un solo SBGR para el BSC. El BSC debe conectarse al SBGR, además requiere dos puertos en un módulo AS1A, de tal forma que se necesitan $6 \times 2 = 12$ puertos. Se requieren dos puertos para dar conectividad al BSM, requiriéndose un total de 14 puertos. Debido a que hay 4 puertos por módulo, se requieren 4 módulos.

5.8. ENLACES ENTRE LOS ELEMENTOS DE LA RED.

Los enlaces entre los diferentes elementos de la red se describen en la figura 5.8.

5.8.1. ENLACES B.

5.8.1.1. Enlace entre la BTS y el BSC

La BTS se conecta al BSC por medio de un enlace E1(2Mbps) o de un enlace STM-1 (155Mbps). Todos los datos para tráfico y señalización se envían utilizando ATM con la capa AAL0 para voz y la capa AAL5 para datos.

5.8.2. ENLACES G.

Para comunicar dos BSCs se maneja por intermedio de un enlace STM-1/OC-3, utilizando la pasarela GAN en el SBRG.

En la figura 5.9 se ilustra la interconexión entre dos BSC.

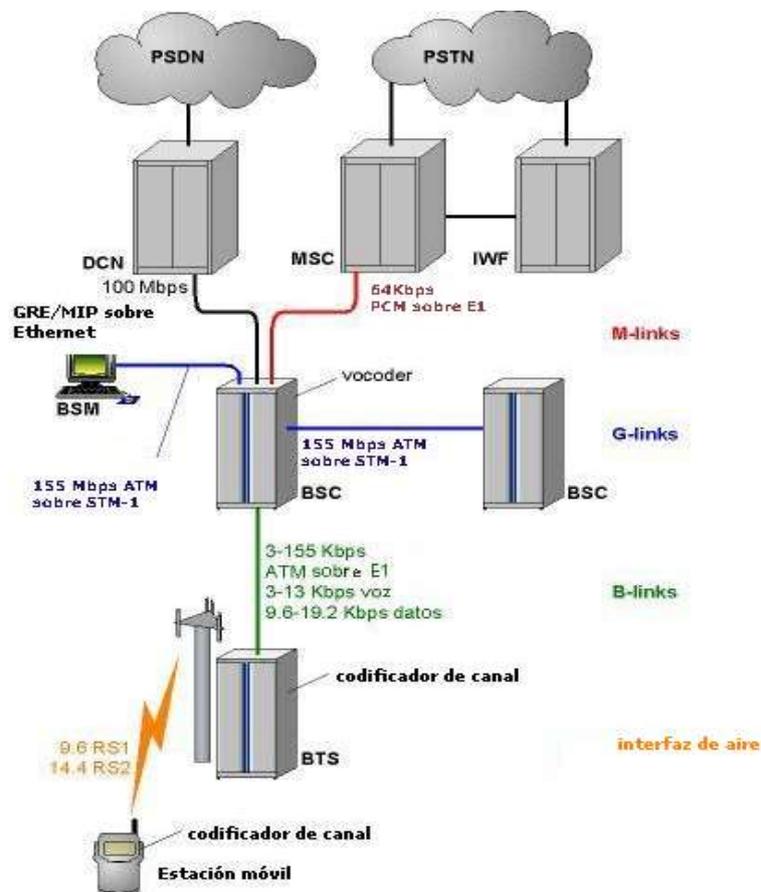


Figura 5.8. Enlaces de interconexión entre los elementos de la red cdma2000

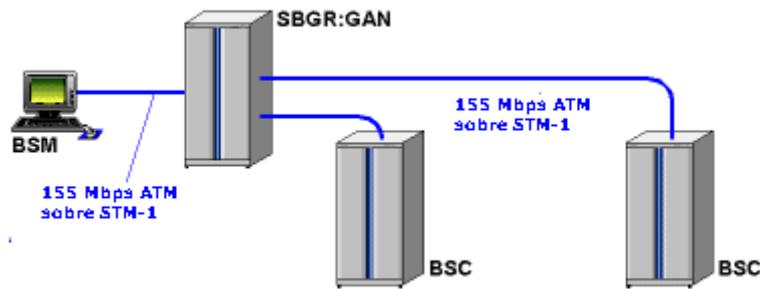


Figura 5.9. Interconexión entre dos BSC

La capacidad de comunicación y el funcionamiento de un enlace G depende de la capacidad y desempeño de la GAN. La comunicación entre BSCs se clasifica como tráfico de voz o tráfico de datos para el handoff entre BSCs y la señalización implicada en tal proceso.

La BSM se conecta al módulo del grupo de BSCs de Samsung SBGR (Samsung BSC Group Rack) por medio de dos enlaces STM-1/OC-3.

5.8.3. ENLACES M.

5.8.3.1. Enlaces entre el BSC y el MSC.

Los datos de usuario transmitidos entre el BSC y el MSC se transportan utilizando un enlace E1, por el cual fluyen datos en formato PCM. Los datos de señalización se envían sobre los mismos enlaces utilizando SS7 e IOS. En la figura 5.10 se describe el enlace M.

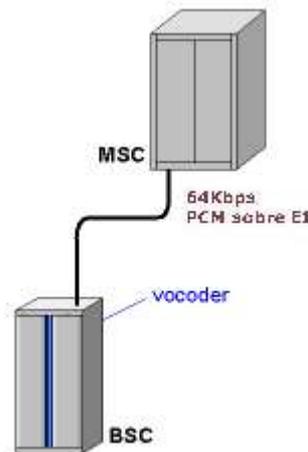


Figura 5.10. Descripción del enlace M

Es posible conectar un máximo de 60 enlaces E1 canalizados entre cada BSC y el MSC. Utilizando 32 canales por E1 obtenemos que el número máximo de intervalos PCM es 1920. La señalización y la voz utilizan una fracción de los intervalos totales.

El número de enlaces E1 necesarios para conectar el BSC al MSC se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$\text{NumE1}_{\text{BSC-MSC}} = \text{Roundup} (\text{total_vocoders_BSC}/\beta) \times (24/32)$$

$$\text{NumE1}_{\text{BSC-MSC}} = \text{Roundup} (14/1904) \times (24/32)$$

$$\text{NumE1}_{\text{BSC-MSC}} = 1$$

Donde:

Total de vocoders del BSC: Número de vocoders por BSC.

β : Número de vocoders por enlace E1.

Finalmente la ubicación de los equipos que conforman la red se ubican como se indica en la figura 5.11.



Figura 5.11. Ubicación de equipos

CONCLUSIONES

- La tecnología CDMA a pesar de que incursionó en el mercado años más tarde, cuando otras tecnologías como GSM y TDMA estaban establecidas en el mercado con gran cantidad de abonados en funcionamiento, ha tenido una muy buena aceptación tanto en proveedores como en operadores y esto se sustenta con datos estadísticos que muestran el rápido crecimiento de esta tecnología a nivel mundial.
- El camino de evolución ofrecido por CDMA es totalmente viable y garantiza la prestación de los servicios avanzados exigidos por la tercera generación de las comunicaciones móviles inalámbricas los cuales son perfectamente soportados por la interfaz de radio cdma2000.
- cdma2000 ofrece compatibilidad hacia atrás lo cual permite una transición flexible entre la segunda, 2.5 y tercera generación. Esta característica permite que para los usuarios sea transparente el proceso de interconexión con una red CDMA de segunda generación.
- La capacidad suministrada por la tecnología cdma2000, reflejada en ancho de banda, cumple satisfactoriamente con las expectativas generadas en el mercado por la tercera generación, prueba de ello es el desempeño hasta ahora logrado por las redes comerciales de 3G cdma2000 1X.
- La disponibilidad de terminales (MS) no ha cumplido totalmente con los requerimientos dados y se han presentado dificultades debido al manejo de consumo de potencia. Pese a los inconvenientes, actualmente se encuentra en el mercado una gran variedad de teléfonos fabricados por diferentes proveedores entre los que se destacan Samsung, Ericsson y Motorola.

- El desempeño de cdma2000 1X plus es mejor que el logrado por UMTS. Además el cronograma de I+D y comercialización es más rápido que para UMTS.
- Entre los beneficios de cdma2000 se encuentran, doble capacidad de voz, batería de más larga vida, alta velocidad de datos, Handoff entre generaciones, compatibilidad "hacia atrás", transparencia en el servicio y asignación del mismo espectro.
- cdma 2000 proporciona una alternativa de sistema 3G altamente atractiva para operadores cdmaOne y GSM que no puedan obtener el espectro 3G.
- Cumple con la demanda del usuario y expectativas de desempeño para Servicios de Internet los cuales se incrementarán en orden de magnitud(10X) en los próximos 5 años.
- Una solución cdma2000 1x resuelve el problema de Frecuencia & Soporte 3G, ofrece compatibilidad de banda de frecuencia 800, 1800, 1900 MHz, compatibilidad IMT-2000, continuidad tecnológica y eficiencia por el reuso de infraestructura existente además del uso eficiente de frecuencia 1.25MHz

RECOMENDACIONES

- Es importante tener en cuenta la tecnología que será empleada en el diseño de una red de tercera generación ya que no existe compatibilidad total entre las múltiples alternativas de interfaz ofrecidas por los diferentes proveedores.
- Para un futuro trabajo referente a la red de tercera generación basada en cdma2000 para la ciudad de Popayán o para una ciudad grande, se debe tener en cuenta los procedimientos inherentes al handoff de la red y al Spot beam, para suplir eficientemente la demanda de tráfico así como también garantizar cobertura brindando un mejor servicio a los usuarios finales.
- Es aconsejable para realizar un diseño con alto grado de precisión, en cuanto a la cobertura se refiere, contar con herramientas software y mapas digitalizados los cuales contribuyen y facilitan la labor del Ingeniero encargado de realizar el diseño de la red; por motivos de costos fue imposible adquirir el mapa digitalizado de la ciudad de Popayán así como también el software necesario para procesar los datos correspondientes al análisis de cobertura.
- Es importante mantener contacto con empresas líderes del sector de las telecomunicaciones puesto que la información requerida para la elaboración de un diseño como el que se hizo en la presente monografía solamente la pueden brindar dichas empresas. Los equipos y elementos que conforman una red de tercera generación son genéricos pero cada uno de los proveedores le da un nombre en particular que puede o no

coincidir con el de los competidores, pero que en general realizan las mismas funciones.

BIBLIOGRAFIA

WEBB, William. Introduction to Wireless Local Loop. Boston: Artech House. 1998. 119 p.

PRASAD, Ramjee. CDMA for wireless personal Communications. John Walker. 1999. 250 p.

Muller, Nathan J. Wireless Data Networking. Boston: Artech House. 1999. 85 p.

<http://www.cdg.org>

<http://www.samsungelectronics.com/news/telecommunications/>

<http://www.samsung.com/news/samsung/2000/sec0530-1.html>

http://www.samsungelectronics.com/network/mobile_network/product_news/network_admin_998286052593_106030.html

<http://www.ericsson.com/edge/>

<http://www.3gpp2.org>

<http://www.3gpp2.org>

<http://www.itu.int/ITU-D/tech/imt-2000/field-of-interest-statistics.html>

<http://www.uwcc.org/>

<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/>

<http://www.iec.org/online/tutorials/tdma/>

<http://www.gsmworld.com/index1.html>

<http://www.ericsson.com/wcdma/>

<http://www.its.blrdoc.gov>

<http://www.atdi.com>

http://www.cdmatech.com/difference/faq/cdma_wide_carrier.html

<http://www.the3gportal.com/>

<http://www.wirelessdevnet.com/>

<http://www.3g-generation.com/>

<http://www.nortelnetworks.com/products/01/cdma/index.html>

<http://www.motorola.com/aspira/CDMA-2000.htm>

<http://www.motorola.com/aspira/CDMA-Products.htm>

GLOSARIO

ACRONIMOS

3GPP	Proyecto de Socios de Tercera Generación (Third Generation Partnership Project)
3GPP2	Proyecto de Socios de Tercera Generación 2 (Third Generation Partnership Project Two)
AAA	Autorización, Autenticación y Contabilidad (Authorization, Authentication and Accounting)
ACH	Canal de Acceso (Access Channel)
AIWF	Función de Interconexión Avanzada (Advanced InterWorking Function)
AMPS	Sistema de Telefonía Móvil Avanzado (Advanced Mobile Phone System)
ASE	Elemento de Servicio de Aplicación (Application Service Element)
ASS	Subsistema de acceso de conmutación (Access Switching Subsystem)
ATP	Procesador de la Interfaz de Radio (Air Termination Processor)
ATM	Modo de Transferencia Asíncrono (Asynchronous Transfer Mode)
BCCH	Canal de Difusión (BroadCast Channel)

BER	Tasa de Error de Bit (Bit Error Rate).
BMP	Procesador Principal del BSC (BSC Main Processor)
BSC	Controlador de la Estación Base (Base Station Controller)
BSM	Centro de Gestión (Base Station Manager)
BTS	Sistema de Estaciones Base (Base Station Transceiver System)
BTU	Unidad de Pruebas de la BTS (BTS Test Unit)
CACH	Canal de Asignación Genérico (Common Assignment Channel)
CAI	Interfaz de Radio Genérica (Common Air Interface)
CC	Conferencia Telefónica (Conference Calling)
CCS	Subsistema de Control Central (Central Control Subsystem)
CDMA	Acceso Múltiple por División de Código (Code Division Multiple Access)
CEB	Bloque de Elemento del Canal (Channel Element Block)
CHILL	Lenguaje de Alto Nivel del CCITT (CCITT high level language)
CPCH	Canal de Control de Potencia Genérico (Common Power Control Channel)
CROS	Sistema Operativo en Tiempo Real Simultáneo (Concurrent Real-time Operating System)
DAMPS	Sistema de Telefonía Móvil Avanzado Digital (Digital Advanced Mobile Phone System)
DAT	Cintas de Audio Digital (Digital Audio Tape)

DBMS	Sistema de Gestión de Base de Datos (Data Base Management System)
DCCH	Canal de Control Dedicado (Dedicated Control Chanel)
DCN	Núcleo de la Red de Datos (Data Core Network)
DIMM	Módulos de Memoria Dual en Línea (Dual-Inline-Memory-Modules)
DM	Monitor de Diagnóstico (Diagnostic Monitor)
DS	Expansión Directa (Direct Spread)
DSP	Procesador de Señalización Digital (Digital Signalling Processor)
EACH	Canal de Acceso Mejorado (Enhanced Access Channel)
EDGE	Velocidades De Datos Mejorados Para Evolución Global (Enhanced Data Rate for Global Evolution)
ESN	Número Serial Electrónico (Electronic Serial Number)
ETSI	Instituto Europeo de Estándares en Telecomunicaciones (European Telecommunications Standar Institute)
F-CCCH	Canal de Control Genérico Hacia Adelante (Forward Common Control Channel)
F-DCCH	Canal de Control Dedicado Hacia Adelante (Forward Dedicated Control Channel)
F-FCH	Canal Fundamental Hacia Adelante (Forward Fundamental Channel)
F-PCH	Canal de Búsqueda Hacia Adelante (Forward Paging Channel)
F-PICH	Canal Piloto Hacia Adelante (Forward Pilot Channel)

F-SCH	Canal Suplementario Hacia Adelante (Forward Supplemental Channel)
F-SYNC	Canal de Sincronización Hacia Adelante (Forward Synchronization Channel)
FA	Alerta Flexible (Flexible Alerting)
FA	Asignación de Frecuencia (Frequency Allocation)
FAC	Reto de Agente Externo (Foreign Agent Challenge)
FER	Velocidad de Error de Trama (Frame Error Rate)
FMS	Servicio de Correo y Fax (FAX Mail Service)
G3G	Tercera Generación global (Global 3G)
GAN	Red de Conmutación ATM General (General ATM switch Network)
GPRS	Servicio General de Radio Modo Paquete (General Packet Radio Service)
GPS	Sistema de Posicionamiento Global (Global Positioning System)
GSM	Sistema Global de Comunicaciones Móviles (Global System For Mobile Communications)
GUI	Interfaz de Usuario Gráfica (Graphic User Interface)
HA	Agente Local (Home Agent)
HAB	Bloque de Recolección de Alarmas Hardware (Hardware Alarm collecting Block)
HDD	Disco Duro (Hard Disk)

HLP	Procesador Principal del HLR (HLR Main Processor)
HLR	Registro de Ubicación Local (Home Location Register)
HSPD	Servicio de Datos a Alta Velocidad Modo Paquete (High-Speed Packet Data Service)
IF	Frecuencia Intermedia (Frequency Intermediate)
IMSHO	Handoff Suave entre MSCs (Inter MSC Soft Handoff)
IMSI	Identificación de Abonado Móvil Internacional (International Mobile Subscriber Identity)
IMT-2000	Telecomunicaciones Móviles Internacionales para el año 2000 (International Mobile Communications at year 2000)
INS	Subsistema de Interconexión de Red (Interconnection Network Subsystem)
ISDN	Red Digital de Servicios Integrados (Integrated Service Digital Network)
ITU	Unión Internacional de Telecomunicaciones (International Telecommunications Union)
IWF	Función de Interconexión (Interworking Function)
LRS	Subsistema de Registro de Localización (Location Registration Subsystem)
MAC	Control de Acceso al Medio (Medium Access Control)
MAH	Búsqueda de Acceso Móvil (Mobile Access Hunting)
MAP	Protocolo de Aplicaciones Móviles (Mobile Application Protocol)
MC	Multiportadora (Multi Carrier)

MCC	Código Móvil del País (Mobile Country Code)
MIN	Número de Identificación del Móvil (Mobile Identity Number)
MNC	Código de la Red Móvil (Mobile Network Code)
MP	Procesador Principal (Main Processor)
MSC	Centro de Conmutación Móvil (Mobile Switching Center)
MTP	Parte de Transferencia de Mensajes (Message Transfer Part)
NDSS	Selección del Sistema de Direccionamiento de la Red (Network Directive System Selection)
NMS	Sistema de Gestión de la Red (Network Management System)
NMSI	Identificación de Estación Móvil Nacional (Identification National Mobile Station)
NSB	Bloque de Sincronización de la Red (Network Synchronization clock distribution Block)
OCNS	Simulador de Ruido del Canal Ortogonal (Orthogonal Channel Noise Simulator)
OMC	Centro de Operación, Mantenimiento y Reparación (Operation and Maintenance and repairs Center)
OMP	Procesador de Operación y Mantenimiento (Operation & Maintenance Processor)
OTD	Diversidad de Transmisión Ortogonal (Orthogonal Transmission Diversity)
PACA	Asignación del Canal y Prioridad de Acceso (Priority Access and Channel Assignment)

PCB	Bit de Control de Potencia (Power Control Bit)
PCI	Interfaz de Comunicación Periférica (Peripheral Communication Interface)
PCM	Modulación por Pulsos Codificados (Pulse Code Modulation)
PCS	Sistemas de Comunicación Personal (Personal Communication Systems)
PDC	Celular Digital Personal (Personal Digital Cellular)
PIN	Número de Identificación Personal (Personal Identify Number)
PN	Ruido Pseudo Aleatorio (Pseudo Random Noise)
PP	Procesador Periférico (Peripheral Processor)
PPP	Protocolo Punto a Punto (Point-to-Point Protocol)
PSMN	Red Multimedia Pública Conmutada (Public Switched Multimedia Network)
PSTN	Red Telefónica Pública Conmutada (Public Switching Telephonic Network)
QoS	Calidad de Servicio (Quality of Service)
QPCH	Canal de Búsqueda Rápida (Quick Paging Channel)
R-CCCH	Canal de Control Genérico Hacia Atrás (Reverse Common Control Channel)
R-DCCH	Canal de Control Dedicado Hacia Atrás (Reverse Dedicated Control Channel)
R-FCH	Canal Fundamental Hacia Atrás (Reverse Fundamental Channel)

R-PICH	Canal Piloto Hacia Atrás (Reverse Pilot Channel)
R-SCH	Canal Suplementario Hacia Atrás (Reverse Supplemental Channel)
SCA	Aceptación de Llamada Selectiva (Selective Call Acceptance)
SCCP	Parte de la Conexión de Señalización (Signaling Connection Part)
SCH	Canal Suplementario (Supplementary Channel)
SDO	Organización de Despliegue de Estandarización (Standar Deployment Organizations)
SIR	Relación Señal a Interferencia (Signal to Interference Ratio)
SMS	Servicio de Mensajería Corta (Short Message Service)
SNR	Relación Señal a Ruido (Signal to Noise Ratio)
SPINA	Acceso del PIN de Abonado (Subscriber PIN Access)
SPINI	Intercepción del PIN de Abonado (Subscriber PIN Intercept)
SSD	Datos Secretos Compartidos (Shared Secret Data)
STS	Expansión Espacio Tiempo (Space Time Spreading)
TCAP	Parte de Aplicación de la Capacidad de Transacción (Transaction Capability Application Part)
TCB	Banco de Transcodificación (Transcoder Bank)
TDD	Duplexación por División de Tiempo (Time Division Duplex)
TDMA	Acceso Múltiple por División de Tiempo (Time Division Multiple Access)

TIA	Asociación de industrias Americanas (Telecommunications Industry Association).
TLDN	Número de Directorio Local Temporal (Temporary Local Directory Number)
TMSI	Identificación de Abonado Móvil Temporal (Temporary Mobile Subscriber Identity)
UMTS	Servicio Universal de Telefonía Móvil (Universal Mobile Telephone Service)
VC	Circuito Virtual (Virtual Circuit)
VLR	Registro de Ubicación de Visitantes (Visitor Location Register)
VPN	Red Privada Virtual (virtual private network)
VSWR	Relación de Onda Estacionaria de Voltaje (Voltage Standing Wave Ratio)
WARC	Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones (World Administrative Radio Conference)
WCDMA	Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha (Wideband Code Division Multiple Access)
WRC	Conferencia Mundial de Radio del Año 2000 (World Radiocommunication Conference 2000)